

ÜBER DIE PULSFREQUENZ
IN VERSCHIEDENEN
VERHALTENZUSTÄNDEN
DES SCHLAFES UND WACHENS
BEIM JUNGEN KIND

Verena Erath



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41554624_0102

Aus dem Institut für Soziale Pädiatrie und Jugendmedizin
der Universität München

Vorstand: Prof. Dr.med.Dr.h.c. Th. Hellbrügge

ÜBER DIE PULSFREQUENZ IN VERSCHIEDENEN VERHALTENSZUSTÄNDEN
DES SCHLAFES UND WACHENS BEIM JUNGEN KIND

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde in der gesamten Medizin
an der Ludwig Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von

Verena Erath

aus

Garmisch-Partenkirchen

1986

Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität München

Berichterstatter: Prof.Dr.Dr.Th. Hellbrügge

Dekan: Prof.Dr.W. Spann

Tag der mündlichen Prüfung: 13.05.1986

Meiner Tochter Anke Erath

und

in freundschaftlicher Verbundenheit

Frau Veronika Gräfin Strachwitz

gewidmet

INHALTSVERZEICHNIS

I.	Einleitung	
	Inhalt und Begründung der vorliegenden Studien	1
II.	Literaturübersicht	3
1.	Historische Forschungsergebnisse über den Schlaf unter Anwendung einfacher Untersuchungsmethoden	3
1.1.	Schlafstiefenmessung durch sinnesphysiologische Weckreizmethoden	3
1.2.	Körpermotilität als Kriterium der Schlaf-tiefe	4
2.	Die Einführung der Elektroencephalographie in die Schlafforschung	5
3.	Die Entwicklung von polygraphischen Regi-striergeräten	6
3.1.	Differenzierung in zwei verschiedene Schlaf-stadien	6
3.2.	Verhaltensaspekte im Aktivschlaf	7
3.2.1.	Somatische und elektrophysiologische Kriterien	7
3.2.2.	Vegetative Phänomene: Untersuchungen über die Puls- und Atemfrequenz	9
3.3.	Anteil des Aktivschlafes am Gesamtschlaf in verschiedenem Lebensalter	11
4.	Pulsfrequenzuntersuchungen im Kindesalter	12
4.1.	Vergleichende Ermittlungen während des Wachens und im Schlaf	12
4.2.	Altersspezifische Veränderung der Puls-frequenz	13
III.	Untersuchungsmethodik	
1.	Auswahl der Versuchspersonen	14
2.	Datenermittlung durch polygraphische Ab-leitungen	17
3.	Datenanalyse	18
3.1.	anhand graphischer Abbildungen	18
3.2.	durch statistische Berechnungen	18

IV.	Untersuchungsergebnis	22
1.	Die Änderung der Pulsfrequenz während verschiedener Verhaltenszustände	22
1.1.	Meßergebnisse bei den einzelnen Versuchspersonen	22
1.1.1.	Differenz der Pulsfrequenzmittelwerte	25
1.1.2.	Differenz der Pulsfrequenzstreuung	26
1.2.	Meßergebnisse in verschiedenen Altersgruppen	26
2.	Prüfung auf signifikante Pulsfrequenzunterschiede zwischen den einzelnen Verhaltenszuständen während verschiedener Altersabschnitte	29
2.1.	Statistische Überprüfung von Mittelwertdifferenzen	29
2.2.	Statistische Überprüfung der Pulsfrequenzstreuungsdifferenz	31
3.	Die Änderung der Pulsfrequenz in den einzelnen Verhaltenszuständen innerhalb des untersuchten Lebensabschnittes	33
3.1.	Trendberechnung der altersabhängigen Pulsfrequenzänderung	35
3.1.1.	Mittlere Trendkurve der Pulsfrequenz während des Wachens	37
3.1.2.	Mittlere Trendkurve der Pulsfrequenz während des Aktiv- und Ruheschlafes	39
V.	Diskussion	41
VI.	Zusammenfassung	49
VII.	Anhang	50
VIII.	Literatur	74
	Lebenslauf	79

I. EINLEITUNG

Inhalt und Begründung der vorliegenden Studie

Der Schlaf ist seit langem Gegenstand der Forschung. Die ersten Schlafforschungen wurden von KOHLSCHÜTTER (1863) durchgeführt.

KLEITMANN und ENGELMANN (1953) beschrieben bei Kindern während des Schlafes zwei verschiedene Phasen. Die beiden Schlafperioden sind durch unterschiedliche Aktivität bestimmter Körperfunktionen gekennzeichnet, wobei der Intensität von Augenbewegungen besondere Bedeutung beigemessen wurde.

Die Forschungsergebnisse von DEMENT (1957) und JOUVET (1959) ergeben, daß der Schlaf ein polyphasisches Phänomen ist. Mit Hilfe polygraphischer Ableitungen war es erstmals möglich, zwei verschiedene, periodisch auftretende Verhaltenszustände zu dokumentieren: den AKTIVSCHLAF und den RUHESCHLAF. Beide Schlafformen werden charakterisiert durch verschiedene Kriterien, u.a. durch die Pulsfrequenz.

An Hand der bisher veröffentlichten Untersuchungsergebnisse kann jedoch keine exakte und definitive Aussage über die Pulsfrequenzänderung zwischen den beiden Schlafphasen gemacht werden. Von einigen Autoren wird berichtet, daß die Pulsfrequenz während des Aktivschlafes abfällt (BAUST und BOHNERT 1969, GUAZZI und ZANCHETTI 1965), während die Mehrzahl der Autoren die Ansicht vertritt, daß die Pulsfrequenz während dieser Schlafphase deutlich zunimmt. Ebenso bestehen verschiedene Auffassungen über die Regelmäßigkeit des Pulses während beider Schlafphasen.

Um diese Frage näher zu prüfen, wurden von der Forschungsstelle für Soziale Pädiatrie an der Universität München polygraphische Ableitungen bei Kindern in einem Münchner Kinder- und Säuglingsheim durchgeführt. Mit Hilfe dieses Untersuchungsverfahrens ließen sich sowohl die beiden verschiedenen Schlafstadien als auch die jeweilige Änderung der Pulsfrequenz bestimmen.

Da sich während der Ableitungen genügend Wachphasen fanden, wurde auch das Pulsfrequenzverhalten im Wachen mit zur vergleichenden Untersuchung herangezogen. Es stellt sich die Frage, ob zwischen Wach- und Schlafverhalten eine signifikante Pulsfrequenzänderung zu finden ist.

Da Kinder im Alter von 3 - 30 Monaten untersucht wurden, sollte weiterhin festgestellt werden, ob sich die Pulsfrequenz in den drei verschiedenen Verhaltensstadien innerhalb dieses Zeitabschnittes deutlich ändert.

Im Folgenden soll zunächst ein Überblick über die wesentlichen Errungenschaften auf dem Gebiet der Schlafforschung gegeben werden. Hervorzuheben ist die Differenzierung in zwei verschiedene Schlafperioden und deren Kriterien, unter besonderer Berücksichtigung der Pulsfrequenz. Ebenso sollen die bisherigen Ergebnisse der Pulsfrequenzforschung beim jungen Kind kurz skizziert und später durch eigene Untersuchungen ergänzt werden.

II. LITERATURÜBERSICHT

1. Historische Forschungsergebnisse über den Schlaf unter Anwendung einfacher Untersuchungsmethoden

1.1. Schlaf tiefenmessung durch sinnesphysiologische Weckreizmethoden

Die ersten Untersuchungen über den Schlaf stammen von KOHLSCHÜTTER (1863). Unter Anwendung sinnesphysiologischer Methoden versuchte er, die Schlaf tiefe seiner Versuchspersonen zu messen. Durch akustische Weckreize konnte er nachweisen, daß die Schlafintensität unmittelbar nach dem Einschlafen bis zu einem Maximum nach einer Stunde Schlafdauer kontinuierlich zunimmt. Anschließend fällt die Schlaf tiefe zunächst schnell, später langsamer bis zum Erwachen wieder ab.

Erste Untersuchungen über das Schlafverhalten bei Kindern wurden von CERNY (1891) durchgeführt. Als Maß für die Tiefe des Schlafes dienten ihm genau meßbare elektrische Hautreize von jener Intensität, welche erforderlich war, um das Erwachen herbeizuführen. Ebenso wie bei KOHLSCHÜTTER ergab die von CERNY entwickelte Schlaf tiefenkurve ein deutliches Maximum etwa eine Stunde nach Schlafbeginn. Im weiteren Verlauf der Nacht wurde der Schlaf, von einer meist geringeren morgendlichen Vertiefung abgesehen, leiser und flacher.

ARON (1923), der seine Untersuchungen mittels ähnlicher Methoden durchführte, stellte fest, daß der Schlaf eine halbe bis zu zwei Stunden nach dem Einschlafen am festesten ist. Er gelangte also zu derselben Ansicht wie KOHLSCHÜTTER und CERNY, daß gerade die ersten Stunden des Schlafes sich durch besondere Schlaf tiefe auszeichnen.

Anders als die genannten Autoren vertrat TRÖMNER (1912) die Ansicht, daß das Schlafverhalten nicht einer festen Gesetzmäßigkeit unterliege, sondern einer großen Variabilität unterworfen sei. Er zitiert: „Überhaupt wird derjenige seine Erwartungen durch Beobachtungen enttäuscht sehen, welcher im physiologischen oder reaktiven Verhalten des Schlafenden zu viele Gesetze sucht. Im Gegenteil scheint Variabilität und Launenhaftigkeit auch die Lösung des Schlafes zu sein.“

1.2. Körpermotilität als Kriterium der Schlaftiefe

Die genannten Autoren und Pioniere der Schlafforschung gewannen ihre Kriterien für die Schlaftiefe durch sinnesphysiologische Weckreizmethoden, die einer kritischen Beurteilung zu unterziehen sind: Mehrmaliges Aufwecken verändert den Schlafverlauf. Der Schlaf setzt die Empfindlichkeit verschiedener Sinnesgebiete in unterschiedlichem Ausmaß herab. Auf diese Weise werden, je nachdem welches Sinnesgebiet (akustisch, optisch, Schmerzleitung etc.) als Weckmittel benutzt wird, unterschiedliche Resultate in der Schlaf tiefenmessung erzielt.

Aus diesem Grunde wurde schon frühzeitig versucht, andere Meßgrößen zur Differenzierung der Schlaf tiefe zugrunde zu legen.

Die späteren Schlafforscher setzten u.a. die nächtliche Bewegungsunruhe in Korrelation zur Schlafintensität. SCYMANSKI (1918) konstruierte ein Bett, mit dem Druckveränderungen in Korrelation zur Körperbewegung registriert wurden. Er nannte die von ihm erstellten Kurven "Aktogramme". SCYMANSKI gelangte zu ähnlichen Erkenntnissen über die Schlaf tiefe wie die oben genannten Autoren.

In den folgenden Jahren wurden weiter verfeinerte Akto-gramme und andere, auf ähnlicher Basis beruhende Registriergeräte entwickelt und damit in der Schlafforschung neue Impulse gesetzt.

Aufgrund der unterschiedlichen Empfindlichkeit der Apparate können die Forschungsergebnisse dieser Zeit heute nicht mehr zum Vergleich herangezogen werden.

2. Die Einführung der Elektroencephalographie in die Schlafforschung

Eine wesentliche Bereicherung für die Schlafforschung bedeutete die Anwendung der 1924 von BERGER entdeckten Möglichkeit der Registrierung von Hirnströmen. 1931 stellte er zum ersten Mal fest, daß das Hirnstrombild im Schlaf sich vom Wachzustand deutlich unterscheidet. Wenn man sich auch heute noch nicht über den Ursprung und die Bedeutung der verschiedenartigen elektroencephalographischen Wellenmuster während des Schlafens im Klaren ist, so bietet doch nach Ansicht von HESS (1966) die ständig wechselnde Schlafkurve einen Indikator für eine vom Wachzustand abweichende, auch innerhalb des Schlafes sich vielfach verändernde funktionelle Organisation der Hirnrinde.

Die verschiedenartigen EEG-Bilder während des Schlafes wurden von LOOMIS (1935/37 und 1938) ausführlich beschrieben und zeigten charakteristische Veränderungen der Hirnpotentiale, welche mit der Schlafentiefe parallel laufen. Hierbei ergab sich ein anderer Verlauf der Schlafentiefe während der Nacht als bei den bisher üblichen Weckreizmessungen. Während die Einschlafphase durch eine strenge Sukzession der Schlafstadien gekennzeichnet war, zeigten die elektroencephalographischen Veränderungen des Nachtschlafes einen typisch fluktuierenden Verlauf mit häufig und irregulär auftretenden Schlafentiefe-schwankungen.

Die zeitliche Gliederung des Nachtschlafes wurde erst von KLEITMAN und Mitarbeitern (1953) erkannt und damit leitete er einen großen Aufschwung in der gesamten Schlafforschung ein, in welcher das EEG nur einen Teilfaktor darstellt.

KLEITMAN fiel zum ersten Mal ein zyklischer Verlauf des Schlafes mit mehrmals wiederkehrenden Perioden auf, die durch eine erhöhte Körpermotilität, unregelmäßige Atemfrequenz und durch Auftreten von schnellen Augenbewegungen hinter den geschlossenen Lidern gekennzeichnet waren.

3. Die Entwicklung von polygraphischen Registriergeräten

3.1. Differenzierung in zwei verschiedene Schlafstadien

Einen großen Fortschritt und neue Impulse bedeutete die Entwicklung von polygraphischen Registriergeräten.

Durch fortlaufende, simultane Registrierung mehrerer Parameter konnten DEMENT (1957) und JOUVET (1959) zum erstenmal dokumentieren, daß der Schlaf ein polyphasisches Phänomen ist. Es konnten zwei Komponenten differenziert werden, die bei gewöhnlichem Schlafverhalten periodisch ablaufen: den RUHESCHLAF, der durch eine langsame bioelektrische Rindentätigkeit bzw. durch langsame hohe Wellen im EEG gekennzeichnet ist und den AKTIVSCHLAF, der sich durch eine schnelle Kortexaktivität bzw. durch schnelle, niedrig gespannte Potentialschwankungen im EEG und durch rasche Augenbewegungen auszeichnet. Für die zuletzt genannte Schlafform wurde deshalb auch die Bezeichnung "rapid eye movement sleep oder REM-Schlaf" geprägt.

Bedeutsam ist, daß etliche Befunde heute dafür sprechen, daß die REM-Schlafphasen das Korrelat von Träumen darstellen.

In der Folgezeit haben sich zahlreiche Forscher mit diesen beiden verschiedenen Schlaftypen beschäftigt. Ausgedehnte neurophysiologische und klinische Untersuchungen haben seither immer

mehr Argumente für die Annahme erbracht, daß der "REM-Schlaf" im Vergleich zum Schlaf ohne Augenbewegungen nicht nur quantitativ, sondern auch qualitativ verschieden ist. Er stellt daher nicht einen bestimmten Grad der Schlaftiefe dar, sondern ist ein Verhaltenszustand, der sich in zahlreichen Parametern vom "normalen" Schlaf unterscheidet wie vom Wachsein (KLEITMAN 1963, JOUVET 1965, SNYDER 1966). Auf eine ausführliche Darstellung der gefundenen Ergebnisse muß im Rahmen dieser Abhandlung verzichtet werden. Im Folgenden soll nur auf die wesentlichsten Erkenntnisse über dem REM- oder Aktivschlaf näher eingegangen werden.

3.2. Verhaltensaspekte im Aktivschlaf

3.2.1 Somatische und elektrophysiologische Kriterien

Der Aktivschlaf ist durch bestimmte somatische, vegetative und elektrophysiologische Phänomene gekennzeichnet, die eine exakte zeitliche Differenzierung dieser Schlafperiode ermöglichen (JOUVET 1969). Zu unterscheiden sind eine tonische und phasische Komponente der den Aktivschlaf charakterisierenden Verhaltenskriterien.

Die Aufhebung des Muskeltonus, vorwiegend der Nackenmuskulatur, ist ein typisches Kennzeichen des Aktivschlafes (JOUVET 1969).

Der Muskelatonie sind periodisch auftretende Muskelkontraktionen gegenüberzustellen. Die kurzen ruckartigen Muskelzuckungen, die sowohl in der Extremitätenmuskulatur, als auch in der mimischen Gesichtsmuskulatur in Erscheinung treten, sind beim Menschen und Tier während des REM-Stadiums mit bloßem Auge zu erkennen (ROFFWARG 1966, PRECHTL 1968, JOUVET 1969, BAUST 1970).

Unter den für den Aktivschlaf typischen phasischen Phänomenen sind besonders die Augenbewegungen hervorzuheben. Es handelt sich hierbei um gruppenweis auftretende ruckartige Bewegungen der Bulbi, ähnlich den Fixationsbewegungen der Augen während des Wachens.

Blutdruck-, Temperaturabfall und Änderung der Atem- und Herzfrequenz sind ebenfalls Ausdruck tonischer und phasischer Veränderungen in der vegetativen Sphäre.

Die nach Verhaltenskriterien beurteilte Weckschwelle ist im Vergleich zum orthodoxen Schlaf deutlich erhöht (JOUVET 1969). Die oben erwähnten Verhaltensphänomene wie Muskelatonie und Blutdruckabfall, deuten ebenfalls auf einen tieferen Schlafzustand beim Aktivschlaf hin. Auf der anderen Seite lassen phasisch auftretende Augen- und Extremitätenbewegungen im Aktivschlag einen ziemlich unruhigen, weniger tiefen Schlaf annehmen. Diese Phänomene tragen dazu bei, daß die neu entdeckte Form des Schlafes in der kurzen Zeit ihres Daseins schon zahlreiche Namen erhalten hat. Von JOUVET (1959) wurde die Bezeichnung "Tiefschlaf" getroffen, während ROFFWARG (1966) und DEMENT (1958) vom "Leicht- oder Aktivschlaf" sprachen. Rein deskriptiv ist die englische Bezeichnung „rapid eye movement sleep“ (ASERINSKY und KLEITMAN 1955). HESS (1966) prägte den Ausdruck "paradoxe Schlaf" wegen der scheinbaren Widersprüchlichkeiten.

Die elektrophysiologischen Aspekte im Aktivschlaf sind einerseits gekennzeichnet durch eine schnelle Rindenaktivität und regelmäßige hippocampale Theta-Tätigkeit, andererseits durch phasisch in Erscheinung tretende elektroencephalographische Veränderungen in Form pontogeniculooccipitaler Spikes (JOUVET 1969).

Während die elektrophysiologischen Vorgänge allgemein als kompetente Kriterien anerkannt werden, ergaben sich bei verschiedenen Autoren Differenzen hinsichtlich der somatischen Veränderungen. Übereinstimmung besteht lediglich darin, daß sich im Aktivschlaf alle vegetativen Funktionen gegenüber dem orthodoxen Schlaf verändern.

3.2.2 Vegetative Phänomene: Untersuchungen über die Puls- und Atemfrequenz

ASERINSKY und KLEITMAN (1955) stellten als erste eine deutliche Atem- und Pulsfrequenzerhöhung während der Aktivschlafphase fest.

Neben der Puls- und Atemfrequenzbeschleunigung ist jedoch nach JOUVET (1959 und 1969) auch die auffallende Unregelmäßigkeit dieser beiden Funktionen ein wesentliches Kriterium des Aktivschlafes.

Auch SNYDER (1964), der sich in jüngster Zeit mit dem Verhalten verschiedener vegetativer Funktionen während der beiden unterschiedlichen Schlafphasen befaßte, wies besonders auf die ausgeprägte Irregularität von Herz- und Atemfrequenz während des REM-Schlafes hin. Daneben war jedoch auch eine, allerdings nur geringfügige, aber statistisch signifikante Zunahme der Herzfrequenz zu beobachten.

BAUST (1969) betont, daß die phasische Änderung der Herzfrequenz am ausgeprägtesten während der Wachphase und der REM-Stadien ist.

Auch nach HESS (1966), PRECHTL und LENARD (1968) muß die auffallende Unregelmäßigkeit von Atem- und Pulsfrequenz

als charakteristisches Merkmal des Aktivschlafs angesehen werden.

Von BAUST und BOHNERT (1969), GUAZZI und ZANCHETTI (1965) wurde eine Verlangsamung von Atem- und Herzfrequenz während dieses Schlafstadiums verifiziert.

Anders als die genannten Autoren stellte ROFFWARG (1966) in seinen Untersuchungen fest, daß die Variabilität der Pulsfrequenz im Aktivschlaf im Vergleich zum Ruheschlaf unverändert bleibt. Daneben war jedoch ein signifikanter, allerdings nur geringfügiger Anstieg der Pulsfrequenz zu verzeichnen. Auffallend war dagegen die ausgeprägte tonische und phasische Frequenzzunahme der Atmung. Nach ROFFWARG kann die nur geringfügige Änderung der Herzfrequenz nicht als wirklich unabhängiges Kriterium für den Aktivschlaf gelten. Er ist der Ansicht, daß die in dieser Schlafphase zu beobachtende Zunahme der Körpermotilität, die raschen Augenbewegungen, sowie die Irregularität der Atmung für den scheinbaren Anstieg der Herzfrequenz verantwortlich zu machen sind.

Von PRECHTL und BEINTEMA (1964) wurde folgende Formulierung der beiden Schlafphasen getroffen:

Ruhiger Schlaf: Augen geschlossen, keine Augenbewegungen, keine Körperbewegungen, regelmäßige, langsame Atem- und Herz-
tätigkeit, gelegentliche Lippen- und Kieferbewegungen.

Unruhiger Schlaf (Aktivschlaf): Augen geschlossen, Augenbewegungen unter den geschlossenen Lidern, Zuckungen der kleinen Muskulatur und der Extremitäten. Daneben länger andauernde, ungeordnete, generalisierte Bewegungen, die zur Einnahme einer anderen Körperhaltung führen können. S e h r u n r e -
g e l m ä s s i g e , r a s c h e Atem- und Herzfrequenz.

3.3. Anteil des Aktivschlafes am Gesamtschlaf in verschiedenem Lebensalter

Von besonderem Interesse sind auch die Untersuchungen über die Dauer des Aktivschlafes während einer Schlafperiode. Nach JOUVET (1969) wiederholt sich der Aktivschlaf mit der Regelmäßigkeit einer biologischen Uhr. Er beziffert den Anteil innerhalb eines Zeitraumes von 24 Stunden zu 10 % des Gesamtschlafes. Die durchschnittliche Dauer beträgt beim Tier 6 Minuten. JUNG (1963) stellte fest, daß sich die Aktivschlafperioden beim Menschen drei- bis viermal während der Nacht wiederholen und bis zu 20 Minuten dauern. Nach HESS (1966) wiederholen sich die Aktivschlafphasen drei- bis fünfmal während einer Nacht. Nach HELLBRÜGGE (1967), der den REM-Schlaf als Persistenz der ultradianen Periodik im späteren Leben auffasst, und mit schnellen Augenbewegungen, vermehrter Körperaktivität, erhöhter Aktivität verschiedener anderer physiologischer Funktionen und Träumen charakterisiert, stellen sich die Aktivschlafphasen alle 70 bis 90 Minuten ein und dauern durchschnittlich 20 Minuten.

Mehrere Untersucher beschäftigten sich auch mit der Frage nach dem Anteil des Aktivschlafes am Gesamtschlaf während verschiedener Altersabschnitte. So fand HESS (1966), daß der Anteil des Aktivschlafes von 40 % beim Neugeborenen auf 15 % bei älteren Personen sinkt. ROFFWARG (1966) stellte in seiner klassischen Studie (Abb. 1) fest, daß der Anteil beim Neugeborenen 50 % beträgt und kontinuierlich absinkt bis zu 13,8 % beim 70-jährigen Menschen.

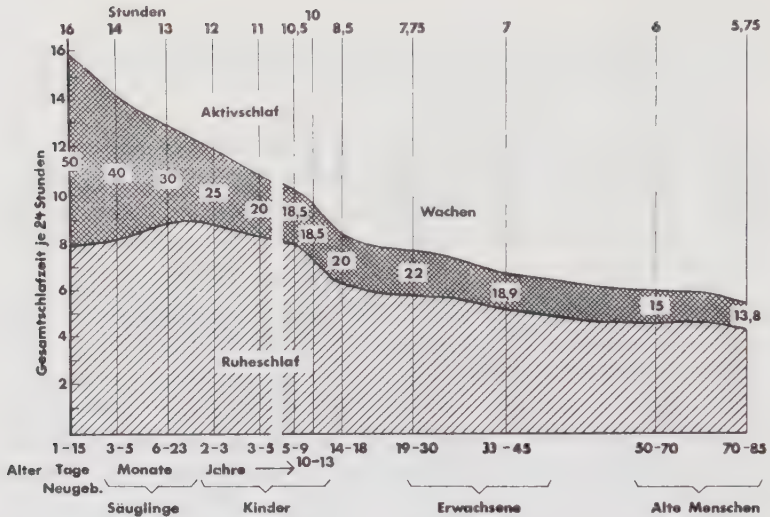


Abb. 1:

Entwicklung des Aktivschlafes im menschlichen Leben. Der schraffierte Teil stellt den prozentualen Anteil des Aktivschlafes am Gesamtschlaf pro 24 Stunden dar. Beachte den hohen Anteil des Aktivschlafes in der ersten Lebenszeit (nach ROFFWARG und Mitarbeiter 1966; aus HELLBÜRGGE und Mitarbeiter 1967).

4. Pulsfrequenzuntersuchungen im Kindesalter

4.1 Vergleichende Ermittlungen während des Wachens und im Schlaf

KATZENBERGER (1913) ging ausführlich in einer zusammenfassenden Darstellung über Puls- und Blutdruckmessungen auf alle Faktoren ein, die eine Pulsfrequenzänderung beim Kind hervorrufen. Übereinstimmend mit anderen Autoren, CERNY (1891)

und ARON (1923) fand er eine deutliche Verminderung der Pulsfrequenz während des Schlafens. Es ergaben sich Tag/Nacht-Unterschiede der Pulsfrequenz bis zu 40 Schlägen/pro Minute. Diese Angaben decken sich auch mit jüngeren Publikationen (FANCONI und WALLGREN 1967, HELLBRÜGGE 1963).

BIERSACK (1959), die in einer ausführlichen Studie das Pulsverhalten von Säuglingen vor und nach der Geburt untersuchte, wies nach, daß der Foetus während des 8.-10. Schwangerschaftsmonats keine Tag/Nacht-Unterschiede der Pulsfrequenz zeigt.

4.2. Altersspezifische Veränderung der Pulsfrequenz

HELLBRÜGGE (1956) befasste sich eingehend mit dem Pulsverhalten von Kindern aller Altersstufen. Er konnte nachweisen, daß eine Tag/Nacht-Differenz der Pulswerte zwischen 6.-18. Lebenswoche erstmalig auftritt. Dieser deutliche Unterschied ergibt sich durch Ansteigen der Tageswerte, während die Nachtwerte gleich bleiben. Vom Ende des zweiten Trimenon ließ sich bei allen Kindern, sowohl am Tage als auch in der Nacht, mit fortschreitendem Lebensalter eine Verminderung der Pulsfrequenz beobachten. Als Durchschnittswert der Pulsfrequenz im zweiten Lebensjahr ermittelte er 124 ± 13 Pulsschläge/Minute im Wachen, während des Schlafens 102 ± 13 Pulsschläge/Minute. Diese Werte lagen signifikant niedriger als die Pulswerte der Altersgruppe von 5 - 8 Monaten. Entgegen der allgemeinen Ansicht, daß die Pulsfrequenz mit zunehmendem Lebensalter deutlich abnimmt, ermittelten HUNGERLAND und ZENZ (1952), daß die mittlere Ruhepulsfrequenz während der Nacht vom 3. bis 15. Lebensjahr praktisch gleichbleibt.

III. UNTERSUCHUNGSMETHODIK

1. Auswahl der Versuchspersonen

Die Untersuchungen wurden in den Jahren 1967 und 1968 an Kindern verschiedener Altersstufen in einem Münchner Säuglings- und Kinderheim durchgeführt. Die Ableitungen wurden an insgesamt 40 Kindern vorgenommen, davon konnten 30 für die Auswertung benutzt werden. Das Alter der Kinder lag zwischen 3 und 30 Monaten. Für die Untersuchung wurden nur gesunde und altersentsprechend entwickelte Kinder ausgewählt.

Um eine Änderung der Pulsfrequenz in den beiden Schlafstadien und im Wachen während verschiedener Altersstufen festzustellen, wurden die Kinder in sechs Gruppen eingeteilt.

Sechs Kinder im Alter von 3 bis 9 Monaten wurden der Altersgruppe I zugeteilt. Sechs Kinder im Alter von 12 Monaten wurden in der Gruppe II zusammengefasst. Fünf Kinder, die zwischen 15 und 18 Monaten alt waren, bildeten die Gruppe III, fünf Kinder im Alter von 21 Monaten die Gruppe IV, fünf Kinder mit 24 Monaten die Gruppe V und drei Kinder im Alter von 27 bis 30 Monaten bildeten die Gruppe VI.

Tabelle 1 - Übersicht der Versuchspersonen

Alters- gruppe	Lfd. Nr. des Kindes	Name Geschlecht	Alter Monate	Anzahl der Meßwerte
I	1	Zemanek V. weibl.	3	59
I	2	Bittner E. weibl.	3	72
I	3	Fries J.-D. männl.	9	47
I	4	Reiß D. weibl.	9	74
I	5	Hirmer St. männl.	9	44
I	6	Braun R. männl.	9	54
II	7	Michaelis C. weibl.	12	83
II	8	Kürschner J. männl.	12	65
II	9	Benjamin R. männl.	12	62
II	10	Huber P. weibl.	12	36
II	11	Viereck J. männl.	12	79
II	12	Vadillo C. weibl.	12	70
III	13	Eydner Ch. männl.	16	76
III	14	Plenk A. männl.	15	60
III	15	Blystiak R. männl.	15	82
III	16	Rauer L. weibl.	15	78
III	17	Blystiak R. männl.	18	69

Alters- gruppe	Lfd. Nr. des Kindes	Name Geschlecht	Alter Monate	Anzahl der Meßwerte
IV	18	Frauenrat B. weibl.	21	83
IV	19	Greimel P. weibl.	22	74
IV	20	Glittmann S. weibl.	21	106
IV	21	Poerzgen K. männl.	21	72
IV	22	Hartwig J. männl.	22	81
V	23	Glittmann S. weibl.	24	55
V	24	Drohson I. weibl.	24	120
V	25	Panke A. männl.	24	96
V	26	Ott E. weibl.	24	91
V	27	Lutz R. männl.	24	79
VI	28	Bauer J. männl.	27	72
VI	29	Taenjes A. männl.	27	77
VI	30	Bauer I. männl.	30	81

2. Datenermittlung durch polygraphische Ableitungen

Alle Daten wurden mittels eines polygraphischen Registrierungssystems gewonnen.

Mit diesem System wurden fortlaufend mehrere Grössen gleichzeitig registriert. Die Gehirnströme in Form von 4 EEG-Ableitungen, die Herzfrequenz durch ein EKG, die Atemfrequenz mit Hilfe eines Thermistor-Nasenfühlers, die Augenbewegungen im Elektrooculogramm und die Körpermotilität durch das Aktogramm.

Da die Ableitungen hauptsächlich während des Schlafes durchgeführt werden sollten, konnten die Untersuchungen nicht in allen Fällen während der selben Zeitabschnitte vorgenommen werden. In der Regel wurden sie zwischen 17 und 18 Uhr begonnen und zwischen 22 und 23 Uhr 30 beendet.

Die polygraphischen Ableitungen erlaubten eine genaue Differenzierung in zwei verschiedene Schlafphasen. Es wurden folgende Kriterien zur Unterscheidung gemacht:

Den Ruheschlaf charakterisieren hohe, langsame Wellen im EEG, eine ruhige, gleichmässige Atmung und eine geringgradige Körperunruhe, die durch das Aktogramm in Form kleiner oder überhaupt nicht in Erscheinung tretender Ausschläge erfaßt wird. Während des Ruheschlafes werden im EOG überhaupt keine Augenbewegungen registriert oder allenfalls geringe, gleichmässige Ausschläge.

Die Aktivschlafphase ist durch einen niedrig gespannten, schnellen und unregelmässigen Potentialverlauf im EEG gekennzeichnet. Gleichzeitig wird eine, im Vergleich zum Ruheschlaf erhöhte und irreguläre Atmung, eine vermehrte Körperunruhe in Form von kurzen und auch unregelmässigen

Ausschlägen im Aktogramm registriert. Im EOG treten die charakteristischen, ruckartigen und schnellen Augenbewegungen in Erscheinung.

3. Datenanalyse

3.1. Anhand graphischer Abbildungen

Für jedes Kind wurde eine Kurve angefertigt und die gewonnenen Daten graphisch aufgezeichnet. Die übersichtliche Darstellung aller einzelnen Ableitungen erlaubte die beiden Schlafphasen zeitlich zu bestimmen und zu ordnen.

Die 23 Kurven sind im Anhang beigelegt.

Anschließend wurde die Pulsfrequenz anhand des EKG der polygraphischen Ableitungen gezählt. Die Pulswerte wurden fortlaufend jede dritte Minute bestimmt. Die gefundenen Werte wurden in die einzelnen Kurven eingetragen. Für jedes Kind ergaben sich 50 bis 120 Pulswerte.

3.2. Durch statistische Berechnungen

Zuerst wurden die Mittelwerte und Standardabweichungen für jedes Kind berechnet.

Der Mittelwert ergab sich aus folgender Formel:

$$m = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n}$$

m = Mittelwert

X_i = Summe der Einzelwerte x

n = Anzahl der Einzelwerte

Die Standardabweichung vom gefundenen Mittelwert, d.h. die Streuung s^2 der einzelnen Werte ergab sich aus der Formel:

$$s^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (X - X_i)^2}{n-1}$$

s^2 = Standardabweichung

x = Einzelwert

n = Anzahl der Einzelwerte

Die Formeln stammen aus den Wissenschaftlichen Tabellen DOCUMENTA GEIGY (1968).

Neben den Mittelwerten und Standardabweichungen für die Pulsfrequenz im Ruhe- und Aktiefschlaf und im Wachen von jedem Kind, wurden noch die Mittelwerte und Standardabweichungen für die einzelnen Gruppen bestimmt.

Der nächste Untersuchungsschritt war ein Vergleich der Mittelwerte verschiedener Zustände innerhalb einer Gruppe. Es wurden immer zwei Zustände miteinander verglichen unter der Annahme, daß die Mittelwerte der Grundgesamtheiten gleich seien. Hierbei muß mit dem Fisher-Test geprüft werden, ob die Standardabweichungen beider Zustände gleich oder ungleich sind, also $S_1^2 = S_2^2$ oder $S_1^2 \neq S_2^2$, wobei S^2 = Streuung der Grundgesamtheit.

Der Prüfquotient $F = \frac{S_1^2}{S_2^2}$ muß grösser 1 sein, sonst muß

$F = \frac{S_2^2}{S_1^2}$ angenommen werden.

Als Freiheitsgrade gelten $V_1 = n_1 - 1$ und $V_2 = n_2 - 1$, da die Stichproben nur annäherungsweise der Grundgesamtheit gleich sind.

In den Wissenschaftlichen Tabellen GEIGY finden sich die oberen Grenzen dieser F-Verteilung. Finden sich bei gegebenen Freiheitsgraden F-Werte, die kleiner oder gleich dem entsprechenden Tabellenwert sind, so kann angenommen werden, daß die beiden Standardabweichungen gleich waren. Dagegen muß bei einem F-Wert größer 1 $S_1^2 = S_2^2$ gelten.

Mit Hilfe des t-Testes soll nun bewiesen werden, daß die Mittelwerte der anhand der Stichproben untersuchten Grundgesamtheiten verschieden sind. Hypothese dabei ist:

$$\mu_1 = \mu_2$$

wobei μ_1 = Mittelwert der Grundgesamtheit 1

μ_2 = Mittelwert der Grundgesamtheit 2

Ein indirekter Beweis, daß sie nicht gleich sind, ist dann gegeben, wenn die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten von $\mu_1 = \mu_2$ sehr gering ist.

Wenn $S_1^2 = S_2^2$ ist, dann gilt für den Prüfquotienten

$$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{\frac{S_1^2 (n_1 - 1) + S_2^2 (n_2 - 1)}{n_1 + n_2 - 2}}} \cdot \frac{1}{\sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}}$$

wobei n_1 und n_2 = Anzahl der Werte innerhalb einer Stichprobe.

Der Freiheitsgrad V beträgt hier $V = n_1 + n_2 - 2$.

Der Prüfquotient t wird nun mit dem Tabellenwert der Signifikanzschranken der Student Verteilung (GEIGY, Wissenschaftliche Tabellen) verglichen.

Ist t_v größer als der Tabellenwert bei entsprechendem Freiheitsgrad und bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von $p = 5 \%$, so gelten die Gruppen als signifikant verschieden.

Wenn $S_1 \neq S_2$ ist, ergibt sich für den Prüfquotient:

$$t_v = \frac{X_1 - X_2}{\sqrt{\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2}}}$$

Der Freiheitsgrad berechnet sich jetzt aus der Formel:

$$v = \frac{\left(\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2} \right)^2}{\frac{\left(\frac{S_1^2}{n_1} \right)^2}{n_1 + 1} + \frac{\left(\frac{S_2^2}{n_2} \right)^2}{n_2 + 1}} - 2$$

Der gewonnene t Wert wird ebenfalls mit der Tabelle verglichen.

Es gelten hier die gleichen Bedingungen wie bei der Annahme:

$$S_1^2 = S_2^2$$

IV. Untersuchungsergebnis

1. Die Änderung der Pulsfrequenz während verschiedener Verhaltenszustände

1.1. Meßergebnisse bei den einzelnen Versuchspersonen

Tabelle 2 - Originaldaten der Pulswerte während des Ruheschlafes

Kind Nr.	Alters- gruppe	Lebensalter in Mon.	mittlere Pulsfrequenz Schläge/Min.	Standard- abweichung
1	I	3	124	5.54
2	I	3	126	4.66
3	I	9	128	4.19
4	I	9	118	6.19
5	I	9	106	4.06
6	I	9	131	7.98
7	II	12	126	1.25
8	II	12	117	2.46
9	II	12	117	4.39
10	II	12	123	4.37
11	II	12	93	2.36
12	II	12	101	4.74
13	III	16	145	2.69
14	III	15	112	2.08
15	III	15	135	2.08
16	III	15	150	3.70
17	III	18	118	2.58
18	IV	21	85	5.06
19	IV	22	107	3.74
20	IV	21	137	8.66
21	IV	21	142	3.76
22	IV	22	92	4.18
23	V	24	121	5.53
24	V	24	97	3.23
25	V	24	96	2.91
26	V	24	85	5.06
27	V	24	102	4.65
28	VI	27	131	3.65
29	VI	27	112	4.14
30	VI	30	78	4.15

Tabelle 3 - Originaldaten der Pulswerte während des Aktivschlafes

Kind Nr.	Alters- gruppe	Lebensalter in Mon.	mittlere Pulsfrequenz Schläge/Min.	Standard- abweichung
1	I	3	129	5.82
2	I	3	132	6.09
3	I	9	133	2.85
4	I	9	121	3.10
5	I	9	111	3.21
6	I	9	141	10.94
7	II	12	134	4.69
8	II	12	122	4.24
9	II	12	121	4.52
10	II	12	132	6.85
11	II	12	113	7.14
12	II	12	107	5.58
13	III	16	155	6.25
14	III	15	119	3.00
15	III	15	142	5.82
16	III	15	154	6.19
17	III	18	120	1.47
18	IV	21	106	9.96
19	IV	22	110	5.28
20	IV	21	138	8.29
21	IV	21	154	8.62
22	IV	22	100	3.36
23	V	24	133	3.45
24	V	24	105	5.14
25	V	24	104	4.06
26	V	24	88	4.80
27	V	24	108	10.70
28	VI	27	143	12.70
29	VI	27	116	5.12
30	VI	30	91	5.95

Tabelle 4 - Originaldaten der Pulswerte während des Wachens

Kind Nr.	Alters- gruppe	Lebensalter in Mon.	mittlere Pulsfrequenz Schläge/Min.	Standard- abweichung
1	I	3	130	8.11
2	I	3	138	11.07
3	I	9	159	17.66
4	I	9	136	13.85
5	I	9	129	7.78
6	I	9	153	14.12
7	II	12	144	8.76
8	II	12	138	17.42
9	II	12	144	11.86
10	II	12	133	5.28
11	II	12	122	5.60
12	II	12	124	8.71
13	III	16	159	5.14
14	III	15	128	7.13
15	III	15	146	9.19
16	III	15	163	13.96
17	III	18	125	7.37
18	IV	21	92	7.56
19	IV	22	125	10.64
20	IV	21	164	11.67
21	IV	21	161	16.93
22	IV	21	102	5.03
23	V	24	160	24.52
24	V	24	113	7.24
25	V	24	112	8.81
26	V	24	104	11.70
27	V	24	128	11.70
28	VI	27	139	6.13
29	VI	27	125	8.17
30	VI	30	99	15.33

Bei den 30 Kindern im Alter von 3 bis 30 Monaten sind stark differierende Pulsfrequenzwerte in den einzelnen Verhaltensstadien zu ermitteln.

Während des Wachens sind Pulsdifferenzen zwischen 92 und 164 Schlägen/Minute, während des Ruheschlafes zwischen 78 und 150 Schlägen/Minute zu registrieren. Im Aktivschlaf liegt der niedrigste Wert bei 88 und der höchste bei 155 Pulsschlägen pro Minute.

Auffallend ist auch die große interindividuelle Variabilität der Pulsfrequenz bei gleichaltrigen Versuchspersonen.

Mit zunehmendem Lebensalter ist eine deutlich fallende Tendenz der Pulsfrequenz zu verzeichnen. Mehrere ältere Kinder weisen jedoch auch höhere Pulsfrequenzmittelwerte auf als wesentlich jüngere Versuchspersonen.

1.1.1 Differenz der Pulsfrequenzmittelwerte

Werden die Pulsfrequenzmittelwerte der einzelnen Kinder im Wachen, Ruhe- und Aktivschlaf miteinander verglichen, so ergibt sich folgendes: Bei allen 30 Kindern liegen die Pulsfrequenzmittelwerte im Wachen höher als die entsprechenden Werte der beiden Schlafstadien. Bei der Mehrzahl der Kinder zeigen sich beträchtliche Differenzen. Der größte Unterschied zwischen Wachen und Aktivschlaf ergibt sich bei Kind Nr. 23 mit 27 Pulsschlägen pro Minute. Die niedrigste Differenz zeigt sich bei Kind Nr. 1 mit einem Schlag/Minute.

Vergleicht man die Mittelwerte des Wachens mit denen des Ruheschlafes, so ergibt sich eine höchste Differenz von 39 Pulsschlägen pro Minute bei Kind Nr. 23. Den niedrigsten Unterschied weist Kind Nr. 1 mit 6 Schlägen/Minute auf.

Weiterhin ergeben sich aber auch bei allen 30 Kindern während des Aktivschlafes deutlich höhere Pulsfrequenzmittelwerte als im Ruheschlaf. Die höchste Differenz ergab sich bei Kind Nr. 18 und Kind Nr. 11 mit 20 und 21 Pulsschlägen/Minute, die niedrigste bei Kind Nr. 20 mit 1 Schlag/Minute.

1.1.2 Differenz der Pulsfrequenzstreuung

Vergleicht man die Standardabweichung der Pulsfrequenz bei den einzelnen Kindern während verschiedener Verhaltenszustände, so ist deutlich zu erkennen, daß der Schwankungsbereich der Pulsfrequenz während des Wachens bei allen 30 Kindern größer ist als während der beiden Schlafzustände.

Ebenso ergibt sich zwischen den beiden Schlafstadien bei 25 von 30 Kindern eine grössere Pulsfrequenzstreuung in der Aktivschlafphase.

1.2. Meßergebnisse in verschiedenen Altersgruppen

Wie schon erwähnt, wurden die Kinder in altersentsprechende Gruppen zusammengefaßt. Aus den Einzelwerten der Pulsfrequenz wurden nach bereits genannter Formel die Mittelwerte und die Standardabweichungen für die einzelnen Gruppen berechnet.

Tabelle 5 und 6 ergeben die Pulsfrequenzmittelwerte bzw. die Standardabweichungen der Pulsfrequenz in den Gruppen I bis VI.

Tabelle 5 - Pulsfrequenzmittelwerte der verschiedenen Altersgruppen während des Wachens, Aktiv- und Ruheschlafes

Altersgruppe	Wachen mittl. Puls- frequenz Schläge/Min.	Aktiveschlaf mittl. Puls- frequenz Schläge/Min.	Ruheschlaf mittl. Puls- frequenz Schläge/Min.
I (3-9 Mon.)	142	129	124
II (12 Mon.)	134	121	110
III (15-18 Mon.)	150	142	132
IV (21 Mon.)	138	118	114
V (24 Mon.)	114	106	102
VI (27-30 Mon.)	116	123	109

Tabelle 6 - Standardabweichungen der Pulsfrequenz in den verschiedenen Altersgruppen während des Wachens, Aktiv- und Ruheschlafes

Altersgruppe	Wachen mittl. Puls- frequenz Schläge/Min.	Aktivschlaf mittl. Puls- frequenz Schläge/Min.	Ruheschlaf mittl. Puls- frequenz Schläge/Min.
I (3-9 Mon.)	15.92	10.19	8.70
II (12 Mon.)	14.06	10.94	11.51
III (15-18 Mon.)	18.37	14.15	13.72
IV (21 Mon.)	30.74	20.54	24.24
V (24 Mon.)	16.21	12.76	12.07
VI (27-30 Mon.)	19.98	23.33	22.85

Auf Grund der bei den verschiedenen Kindern zu ermittelnden Einzelergebnisse war zu erwarten, daß auch die Pulsfrequenzmittelwerte der einzelnen Gruppen im Wachzustand höher liegen als in den beiden Schlafstadien. Im Aktivschlaf ergaben sich wiederum höhere Pulswerte als im Ruheschlaf. Eine Ausnahme bildet jedoch die Gruppe VI, die im Aktivschlaf eine höhere Pulsfrequenz zeigt als im Wachverhalten.

2. Prüfung auf signifikante Pulsfrequenzunterschiede zwischen den einzelnen Verhaltensstadien während verschiedener Altersabschnitte

Es galt jetzt festzustellen, ob zwischen den einzelnen Verhaltensstadien signifikante Unterschiede der Pulsfrequenz und der Streuung des Pulses bestehen.

2.1. Statistische Überprüfung von Mittelwertdifferenzen

Zunächst wurden die in den verschiedenen Verhaltensstadien errechneten Pulswerte innerhalb jeweils e i n e r Altersgruppe miteinander verglichen. Das Prüfergebnis besagt, ob signifikante Unterschiede bestehen oder nicht.

Das Signifikanzniveau wurde bei 99,9 % bestimmt.

Tabelle 6 - Übersicht über die Signifikanzprüfung der Pulsfrequenzunterschiede zwischen dem Wachen, dem Aktiv- und Ruheschlaf in verschiedenen Altersabschnitten

Altersgruppe	Vergleich der verschiedenen Verhaltenszustände mittl. Pulsfrequenz Schläge/Min.	Prüfung auf signifikante Unterschiede
I (3-9 Mon.)	Aktivschlaf (129)/Ruheschlaf (124)	signifikant
	Aktivschlaf (129)/Wachstadium (142)	signifikant
	Wachstadium (142)/Ruheschlaf (124)	signifikant
II (12 Mon.)	Aktivschlaf (121)/Ruheschlaf (110)	signifikant
	Wachstadium (134)/Aktivschlaf (121)	signifikant
	Wachstadium (134)/Ruheschlaf (110)	signifikant
III (15-18 Mon.)	Aktivschlaf (142)/Ruheschlaf (132)	signifikant
	Wachstadium (150)/Aktivschlaf (142)	signifikant
	Wachstadium (150)/Ruheschlaf (132)	signifikant
IV (21 Mon.)	Aktivschlaf (118)/Ruheschlaf (114)	signifikant
	Wachstadium (138)/Aktivschlaf (118)	signifikant
	Wachstadium (138)/Ruheschlaf (114)	signifikant
V (24 Mon.)	Aktivschlaf (106)/Ruheschlaf (102)	signifikant
	Wachstadium (114)/Aktivschlaf (106)	signifikant
	Wachstadium (114)/Ruheschlaf (102)	signifikant
VI (27-30 Mon.)	Aktivschlaf (123)/Ruheschlaf (109)	signifikant
	Wachstadium (116)/Aktivschlaf (123)	<u>nicht</u> signif.
	Wachstadium (116)/Ruheschlaf (109)	signifikant

In allen Altersgruppen ergab sich zwischen dem Aktiv- und Ruheschlaf ein signifikanter Pulsfrequenzunterschied. Auf Grund der errechneten Pulswerte bei den einzelnen Kindern, die während des Aktivschlafes alle höher lagen als im Ruheschlaf, kann also behauptet werden, daß die Pulsfrequenz während des Aktivschlafes signifikant höher als im Ruheschlaf ist. Diese Feststellung läßt sich noch dadurch erhärten, daß sich bei den beiden verglichenen Schlafzuständen in allen Gruppen eine sehr hohe Signifikanzschwelle von 99,9 % ergab.

Auch zwischen Wachverhalten und Aktivschlaf konnte bei fünf der sechs Altersgruppen eine signifikante Pulsfrequenzdifferenz nachgewiesen werden. Da die Mehrzahl der Kinder eine höhere Pulsfrequenz im Wachen als im Aktivschlaf aufwiesen, kann festgestellt werden, daß die Pulsfrequenz während des Wachens signifikant höher liegt als im Aktivschlaf.

In der Gruppe VI wurde zwischen diesen beiden Verhaltenszuständen allerdings kein signifikanter Pulsfrequenzunterschied gefunden (Begründung siehe Diskussion).

Auch beim Vergleich der Pulsfrequenzwerte zwischen Wachzustand und Ruheschlaf ergab sich in den Gruppen ein signifikanter Unterschied. Da die Pulswerte aller Kinder im Wachen höher lagen als im Ruheschlaf, kann also wiederum behauptet werden, daß im Wachen signifikant höhere Pulswerte zu finden sind als während des Ruheschlafes.

2.2. Statistische Überprüfung der Pulsfrequenzstreuungsdifferenz

In derselben Weise wurden die Standardabweichungen der Pulsfrequenz zwischen den einzelnen Verhaltenszuständen innerhalb der verschiedenen Altersgruppen miteinander verglichen.

Folgende Aufstellung gibt Aufschluß über das Untersuchungsergebnis.

Tabelle 7 - Übersicht über die Signifikanzprüfung der Pulsstreuungsdifferenzen zwischen dem Wachen, dem Aktiv- und Ruheschlaf in verschiedenen Altersabschnitten

Altersgruppe	Vergleich der verschiedenen Verhaltenszustände mittl. Pulsfrequenz Schläge/Min.	Prüfung auf signifikante Unterschiede
I (3-9 Mon.)	Aktivschl.(10.19)/Ruheschl.(8.70)	<u>nicht</u> signif.ik.
	Wachst.(15.92)/Aktivschl.(10.19)	signifikant
	Wachst.(15.92)/Ruheschl.(8.70)	signifikant
II (12 Mon.)	Aktivschl.(10.94)/Ruheschl.(11.51)	<u>nicht</u> signif.ik.
	Wachst.(14.06)/Aktivschl.(10.94)	signifikant
	Wachst.(14.06)/Ruheschl.(11.51)	signifikant
III (15-18 Mon.)	Aktivschl.(14.15)/Ruheschl.(13.72)	<u>nicht</u> signif.ik.
	Wachst.(18.37)/Aktivschl.(14.15)	signifikant
	Wachst.(18.37)/Ruheschl.(13.72)	signifikant
IV (21 Mon.)	Aktivschl.(20.54)/Ruheschl.(24.24)	<u>nicht</u> signif.ik.
	Wachst.(30.74)/Aktivschl.(20.54)	signifikant
	Wachst.(30.74)/Ruheschl.(24.24)	signifikant
V (24 Mon.)	Aktivschl.(12.76)/Ruheschl.(12.07)	<u>nicht</u> signif.ik.
	Wachst.(16.21)/Aktivschl.(12.76)	signifikant
	Wachst.(16.21)/Ruheschl.(12.07)	signifikant
VI (27-30 Mon.)	Aktivschl.(23.33)/Ruheschl.(22.85)	<u>nicht</u> signif.ik.
	Wachst.(19.98)/Aktivschl.(23.33)	signifikant
	Wachst.(19.98)/Ruheschl.(22.85)	signifikant

Auffallend ist, daß übereinstimmend in allen Altersgruppen *k e i n* signifikanter Unterschied in der Pulsfrequenzstreuung zwischen Aktiv- und Ruheschlaf festzustellen war. Im Gegensatz zu den bisher aus der Literatur bekannten Resultaten ist darauf hinzuweisen, daß bei Kindern im Alter von 3 - 30 Monaten keine signifikant größere Pulsstreuung während des Aktivschlafes im Vergleich zum Ruheschlaf zu finden war. Nach den vorliegenden Befunden ist der Aktivschlaf im Vergleich zum Ruheschlaf *n i c h t* durch eine größere Unregelmässigkeit der Pulsfrequenz gekennzeichnet.

Dagegen war bei fünf der sechs Altersgruppen eine signifikante Differenz zwischen der Pulsfrequenzstreuung im Wachstadium im Vergleich zu den beiden Schlafphasen zu eruieren. Da die mittlere Pulsstreuung im Wachen bei allen Kindern größer war als im Ruhe- und Aktivschlaf, kann auf Grund vorliegender Befunde festgestellt werden, daß die Variabilität der Pulsfrequenz im Wachen signifikant größer ist als während der beiden Schlafstadien.

Lediglich in der Gruppe VI konnte kein signifikanter Unterschied zwischen der Pulsstreuung im Wach- und Schlafverhalten gefunden werden (nähere Erläuterung siehe Diskussion).

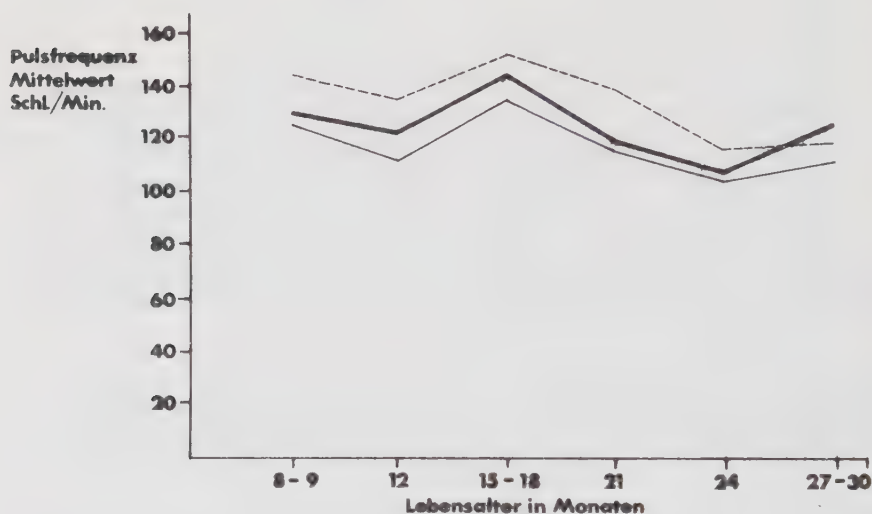
3. Die Änderung der Pulsfrequenz in den einzelnen Verhaltenszuständen innerhalb des untersuchten Lebensabschnittes

Die bisher durchgeführten Ermittlungen zeigten, daß die Pulsfrequenz zwischen den einzelnen Verhaltenszuständen signifikant verschieden ist. Nun gilt es festzustellen, ob sich die Pulsfrequenz während der einzelnen Verhaltenszustände innerhalb des untersuchten Altersabschnittes von 3 - 30 Lebensmonaten deutlich ändert.

Die folgende Abbildung soll das Pulsfrequenzverhalten während des Wachens und in den beiden Schlafperioden in Abhängigkeit vom Lebensalter veranschaulichen.

Abb. 2:

Pulsfrequenzmittelwerte der verschiedenen Altersgruppen während des Wachens und der beiden Schlafphasen.



6 Altersgruppen:

I (6 Kinder) 3 - 9 Mon.

II (6 Kinder) 12 Mon.

III (5 Kinder) 15 - 18 Mon.

IV (5 Kinder) 21 Mon.

V (5 Kinder) 24 Mon.

VI (3 Kinder) 27 - 30 Mon.

———— Pulsfrequenz im Aktivschlaf

———— Pulsfrequenz im Ruheschlaf

- - - - - Pulsfrequenz im Wachen

Die Abb. 2 zeigt deutlich, daß sowohl während des Wachens als auch in den beiden Schlafperioden erhebliche Pulsfrequenzunterschiede zwischen den einzelnen Altersstadien bestehen. Da jeder Altersstufe nur eine sehr kleine Anzahl von Kindern - maximal sechs, in der Gruppe VI sogar nur drei - angehören und entsprechend wenige Meßdaten mit einer noch dazu auffallend großen interindividuellen Streubreite vorliegen, wäre es nicht sinnvoll, die Pulsmittelwerte der verschiedenen Altersklassen miteinander zu vergleichen. Aus dem Kurvenverlauf in allen drei Verhaltenszuständen ist jedoch insgesamt eine deutlich fallende Tendenz der Pulsfrequenz mit steigendem Kindesalter zu entnehmen.

3.1. Trendberechnung der altersabhängigen Pulsfrequenzänderung

Um dies genauer zu analysieren, wurde mit Hilfe eines speziellen Untersuchungsverfahrens eine sogen. Trendberechnung der Pulsfrequenz durchgeführt, die die Pulsänderung für die einzelnen Verhaltensstadien innerhalb des untersuchten Lebensabschnittes veranschaulichen sollte. Dazu wurden nicht die errechneten Pulswerte der einzelnen Altersstufen, sondern die Gesamtzahl der Einzeldaten bei den 30 altersverschiedenen Kindern herangezogen, die in den folgenden Abbildungen graphisch aufgezeichnet sind.

Anhand dieser Daten konnten durch Unterdrückung des sogen. "Datenrauschens" mittels entsprechender Filterung die ein-

zernen mittleren Trendkurven der Pulsfrequenz in den verschiedenen Verhaltensstadien ermittelt werden. Hierzu bediente man sich des unten abgebildeten Trapezfilters. Die entlang der Zeitachse (Abszisse) aufgetragene Bewegung des Filters bedingt eine successive Mittelung und Glättung der Originaldaten.

Abb. 3:

Trapezfilter zur Ermittlung der mittleren Trendkurven



3.1.1. Auf der folgenden Abbildung ist die mittlere Trendkurve der Pulsfrequenz während des Wachens dargestellt.

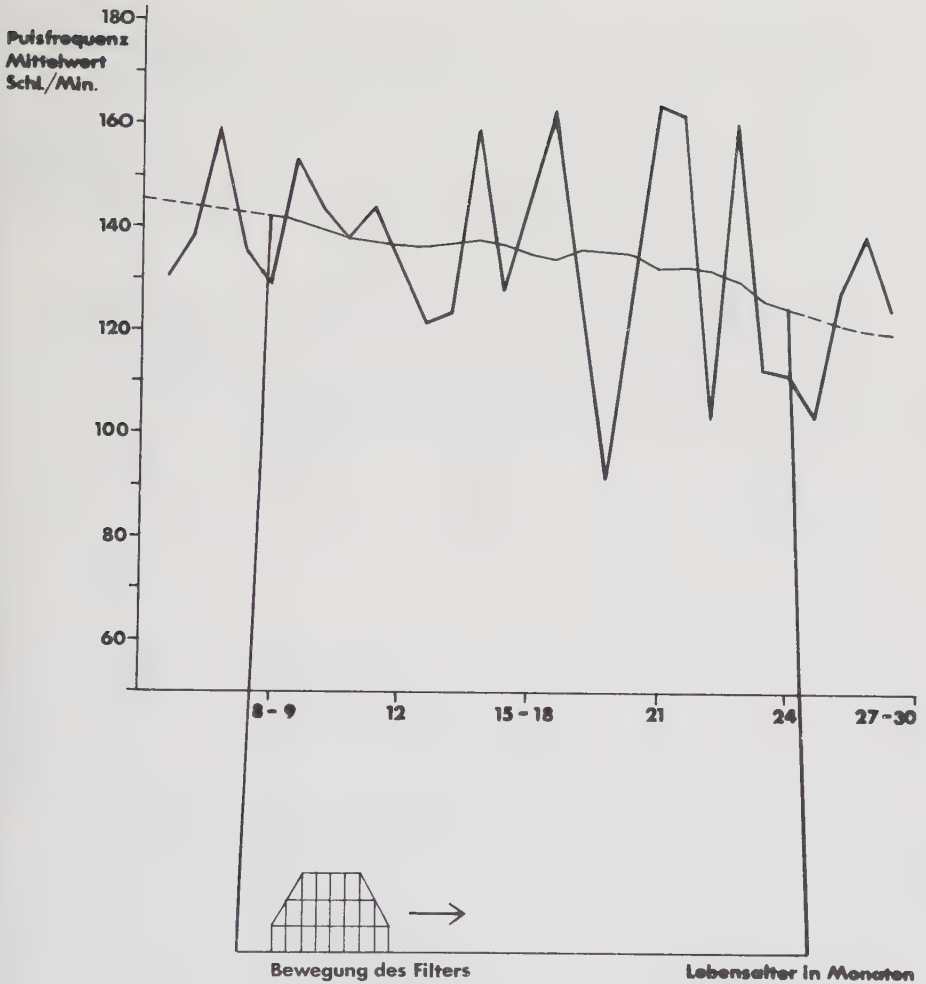


Abb. 4:

Mittlere Trendkurve der Pulsfrequenz während des Wachens bei 30 Kindern zwischen dem 3. und 30. Lebensmonat.

Auf der Abszisse sind verschiedene Altersabschnitte (in Mon.) in Anlehnung an die bereits genannte Zuordnung der einzelnen

Versuchspersonen zu altersentsprechenden Gruppen gekennzeichnet. Die Pulskurve dokumentiert die bei den einzelnen Kindern verifizierten Pulsfrequenzmittelwerte während des Wachens.

Durch Bewegung des Trapezfilters - in Pfeilrichtung - wird eine successive Mittelung und Glättung der Originaldaten erzielt und die Trendkurve ermittelt.

An Hand des Kurvenverlaufs ist ein kontinuierlicher Pulsfrequenzabfall mit steigendem Lebensalter zu beobachten. Innerhalb der untersuchten Altersperiode von 3 - 30 Mon. fällt die Pulsfrequenz um etwa 20 Schläge/Min.

3.1.2 Die Änderung der Pulsfrequenz während der beiden Schlafphasen in Abhängigkeit vom Lebensalter.

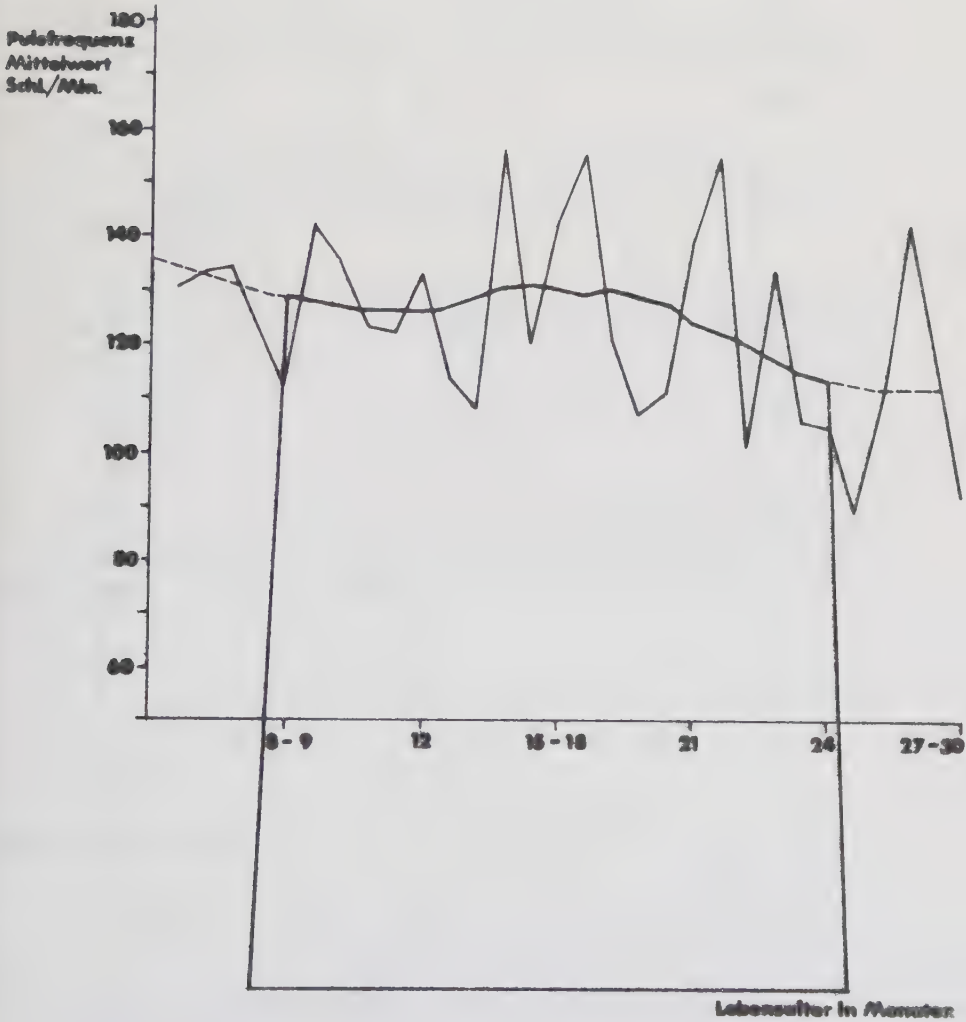


Abb. 5:
Mittlere Trendkurve der Pulsfrequenz während des Aktivschlafes zwischen dem 3. und 30. Lebensmonat.

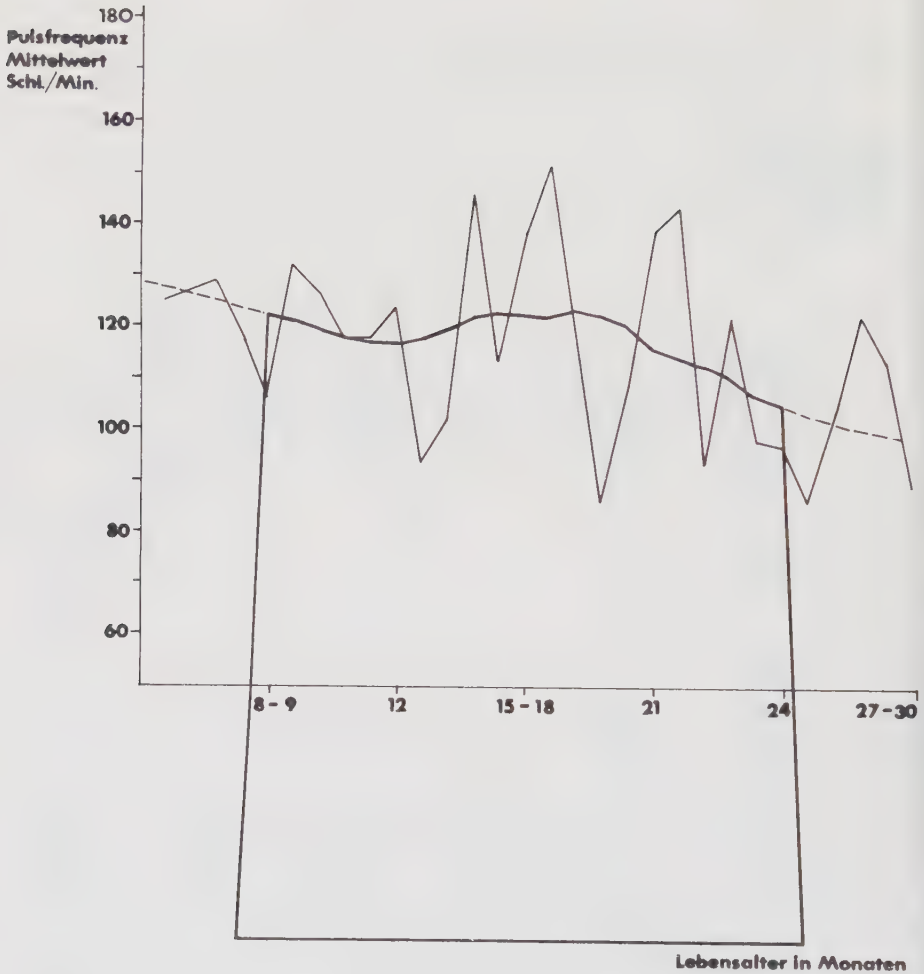


Abb. 6:

Mittlere Trendkurve der Pulsfrequenz während des Ruheschlafes zwischen dem 3. und 30. Lebensmonat.

Die Trendkurve im Aktiv- und Ruheschlaf kennzeichnet eine deutlich fallende Tendenz der Pulsfrequenz innerhalb des untersuchten Lebensabschnittes. Der Pulsfrequenzabfall beträgt in beiden Schlafstadien etwa 20 Schläge/Min.

V. Diskussion

Bei 30 Kindern im Alter von 3 bis 30 Monaten wurde das Pulsfrequenzverhalten im Wachen, während des Aktiv- und Ruheschlafes untersucht.

1. In erster Linie galt es festzustellen, ob zwischen den einzelnen Verhaltensstadien signifikante Pulsfrequenzunterschiede bestehen.

1.1. Hierbei wurde zunächst geprüft, ob sich die Pulsfrequenz zwischen Aktiv- und Ruheschlaf signifikant ändert. Es stellt sich damit die Frage, ob die Pulsfrequenz als objektives Kriterium zur Unterscheidung der beiden Schlafkomponenten verwandt werden kann.

1.2. Dem Pulsverhalten beider Schlafphasen wurden die ermittelten Pulswerte während des Wachens gegenübergestellt. Es interessiert also außerdem die Pulsfrequenzänderung zwischen Schlaf- und Wachverhalten.

2. Weiterhin sollte geprüft werden, ob sich die Pulsfrequenz in den einzelnen Verhaltenszuständen im Verlauf der untersuchten Lebensperiode ändert.

Bevor die Ergebnisse im Einzelnen einer kritischen Bewertung unterzogen werden, ist es notwendig, auf den relativ kurzen Zeitabschnitt von 17⁰⁰ - 23⁰⁰, in dem die Untersuchungen stattfanden, Bezug zu nehmen. Es könnte die Ansicht vertreten werden, daß die vorliegenden Ermittlungen, die einen sehr engbegrenzten Zeitabschnitt des Wachens und Schlafens umfassen, nur bedingt verwertbar sind. Dagegen wäre einzuwenden, daß während

aller polygraphischen Ableitungen der einzelnen Versuchspersonen eine ausreichende Anzahl von REM-Schlafphasen zu finden war. Auch während der zahlreich auftretenden Ruheschlaf- und Wachperioden waren genügend viele Pulswerte zu ermitteln, die einer vergleichenden Untersuchung zugrunde gelegt werden konnten.

Legt man die Feststellung von HESS (1969) und BATINI (1965) zugrunde, so erscheint es sogar sinnvoll, Untersuchungen über den Aktiv- und Ruheschlaf vorwiegend zu Beginn der Nachtperiode vorzunehmen.

Nach HESS (1969) ist eine genaue Differenzierung zwischen beiden Schlaftypen nur in den ersten Schlafstunden möglich. Der Grund liegt darin, daß die den paradoxen Schlaf kennzeichnenden Kriterien, wie EEG, Augenmotorik, Atem- und Pulsverhalten nur im ersten Schlafzyklus zeitlich koordiniert auftreten. Die weitgehende Synchronisierung der periodischen Vorgänge löst sich im späteren Verlauf der Nacht zusehends auf. Auch BATINI und Mitarbeiter (1965) weisen darauf hin, daß die Organisation des Schlafes im Verlauf der Nacht immer anarchischer werde. HESS (1969) begründet dies damit, daß die vielen, untereinander in komplexer Wechselbeziehung stehenden Funktionssysteme des Gehirns alle ihre individuellen Restitutionsphasen benötigen, die aber verschiedenartig und ungleich lang sind. Die straffe Organisation des Schlafes zu Beginn beruht darauf, daß bei dem allgemein starken Erholungsbedürfnis am Anfang der Nacht der Erholungszyklus für die meisten Systeme gleichzeitig eingeleitet wird.

1.1 Die Mehrzahl der Autoren, darunter JOUVET (1969), ASERINSKY und KLEITMAN (1955), PRECHTL und BEINTEMA (1964), ROFFWARG (1966), SNYDER (1964) und HELLBÜGGE (1967), die das Pulsfrequenzverhalten in den beiden verschiedenen Schlaf-

phasen beobachteten, stellten fest, daß die Pulsfrequenz im Aktivschlaf höher sei als im Ruheschlaf. SNYDER (1964) gibt die Pulsdifferenz mit etwa 2 Pulsschlägen/Minute an. Auch ROFFWARG fand nur einen geringfügigen Pulsanstieg von etwa 3 %.

Von BAUST und BOHNERT (1969) und GUAZZI und ZANCHETTI (1965) wurden im aktivierten Schlaf niedrigere Pulswerte als im Ruheschlaf gefunden.

In der vorliegenden Untersuchung ergaben sich bei allen 30 Kindern im Alter zwischen 3 und 30 Monaten im Aktivschlaf höhere Pulswerte als im Ruheschlaf. Die mittlere Pulsdifferenz errechnete sich für die Kinder im ersten Lebensjahr mit 8 Pulsschlägen/Minute, im zweiten Lebensjahr mit 6 Pulsschlägen/Minute. Dies entspricht einem Pulsfrequenzanstieg während des Aktivschlafes im Vergleich zum Ruheschlaf um etwa 7 %, bzw. 5 %. Die beiden Schlafstadien unterscheiden sich damit nur durch eine verhältnismäßig geringe Pulsfrequenzänderung, ähnlich wie dies auch schon von ROFFWARG und SNYDER postuliert wurde. Zu beachten sind allerdings die großen interindividuellen Schwankungen der Pulsfrequenzunterschiede. Die größte Differenz wurde bei zwei Kindern (Nr. 11 und Nr. 18) mit 19 bzw. 20 Pulsschlägen/Minute gefunden. Ein Kind (Nr. 20) wies eine Differenz von nur 1 Pulsschlag/Minute auf.

Bei dem relativ kleinen Versuchspersonenkreis genügen diese Ergebnisse allein nicht, um behaupten zu können, daß die Pulsfrequenz im Aktivschlaf höher sei als während des Ruheschlafes. Das vorliegende Untersuchungsergebnis wurde aus diesem Grund einer Signifikanzprüfung unterzogen.

Dieses Verfahren wurde auch auf alle weiteren vergleichenden Pulsfrequenzuntersuchungen angewandt. Da sich zwischen den einzelnen Kindern große Pulsfrequenzunterschiede während aller untersuchten Verhaltenszustände ergaben, wäre es nicht sinnvoll gewesen, die Vielzahl der einzelnen Meßdaten in den verschiedenen Verhaltensstadien einer vergleichenden Untersuchung zugrunde zu legen. Deshalb wurden mehrere Kinder in altersentsprechende Gruppen zusammengefaßt und das Verhalten der Pulsfrequenz während der drei Verhaltenszustände innerhalb dieser Gruppen miteinander verglichen.

Nach dem Student Test ließ sich in allen Altersgruppen ein signifikanter Pulsfrequenzunterschied zwischen Aktiv- und Ruheschlaf nachweisen. Auf Grund der Einzelergebnisse kann deshalb behauptet werden, daß die Pulsfrequenz während des Aktivschlafes höher liegt als im Ruheschlaf. Die tonische Frequenzänderung des Pulses kann somit als ein zuverlässiges Kriterium zur Differenzierung der beiden verschiedenen Schlafstadien verwandt werden.

Die Pulsfrequenzänderung zwischen der Aktiv- und Ruheschlafperiode läßt sich auch anhand der im Anhang beigegeführten Abbildungen demonstrieren, die für insgesamt 23 Versuchspersonen nach Auswertung der polygraphischen Ableitungen angefertigt wurden. In den Einzelabbildungen kommen die in den beiden Schlafstadien ermittelten Pulsfrequenzwerte differenziert zur Darstellung. Bei Kind Nr. 15 und 21 ist eine deutlich höhere Pulsfrequenz im Aktivschlaf im Vergleich zum Ruheschlaf zu verzeichnen. Auffallend ist der rasche Pulsfrequenzanstieg beim Übergang vom Ruhe- in den Aktivschlaf (Kind Nr. 18, 29, 30).

Die Mehrzahl der Autoren, die das Pulsfrequenzverhalten während der beiden Schlafperioden miteinander verglichen haben, betrachten jedoch nicht den Anstieg, sondern die auffallende Unregelmäßigkeit der Pulsfrequenz als das hervorstechendste Merkmal für den Aktivschlaf. Diese Ansicht vertreten SNYDER (1964), JOUVET (1959), HESS (1969), PRECHTL und LENARD (1968) und BAUST (1970). Auch von PRECHTL und BEINTEMA (1964) ließ sich eine erhebliche Zunahme der Schwankungsbreite der Pulsfrequenz während des REM-Schlafes bestätigen. Im Gegensatz dazu bleibt nach den Untersuchungen von ROFFWARG (1966) die Variabilität der Herzfrequenz im Aktivschlaf im Vergleich zum Ruheschlaf unverändert.

Im vorliegenden Untersuchungsgut fand sich zwar bei der Mehrzahl der Kindern, bzw. bei 26 von 30 Kindern, während des Aktivschlafes eine deutlich höhere Pulsfrequenzstreuung als im Ruheschlaf. Auch anhand der oben beschriebenen Einzelabbildungen scheint sich während der Aktivschlafphase eine deutliche Unregelmäßigkeit der Pulsfrequenz gegenüber dem relativ kontinuierlichen Pulsfrequenzverlauf während der Ruheschlafperioden abzuzeichnen. Nach dem Student Test erwies sich jedoch der Unterschied der Pulsfrequenzstreuung während beider Schlafperioden bei allen Probanden als nicht signifikant.

Im Gegensatz zur Ansicht der meisten Autoren kann somit die Pulsfrequenzvariabilität nicht als ein wesentliches Unterscheidungskriterium für die beiden Schlafzustände verwandt werden.

1.2. Weiterhin konnte in fünf der sechs Altersgruppen bzw. bei der Überwiegenden Anzahl der Kinder ein signifikant höherer Pulsfrequenzwert im Wachen im Vergleich zu den beiden Schlafstadien gefunden werden. Eine Ausnahme bildete

lediglich die Gruppe der Kinder im Alter von 27 bis 30 Monaten, für die sich keine signifikante Pulsdifferenz zwischen Wachverhalten und Aktivschlaf ergab. Da dieser Altersstufe nur drei Kinder angehörten, darf angenommen werden, daß diese Abweichung auf dem zu kleinen Stichprobenumfang und der zu geringen Anzahl der zur Verfügung stehenden Meßdaten beruht.

Im Vergleich zu den Pulsfrequenzunterschieden, die zwischen dem Aktiv- und Ruheschlaf ermittelt werden konnten, ist die mittlere Pulsdifferenz zwischen dem Aktivschlaf und dem Wachverhalten deutlich grösser. Die Pulsfrequenz liegt im Wachen bei den Kindern des ersten und zweiten Lebensjahres durchschnittlich um 13 Pulsschläge/Minute höher als im Aktivschlaf. Der mittlere Pulsfrequenzunterschied in diesen beiden Altersabschnitten betrug für den Ruheschlaf im Vergleich zum Wachen 19 Pulsschläge/Minute. Auffallend wiederum die große interindividuelle Variabilität der Pulsfrequenzunterschiede. Die Pulsdifferenz zwischen Wachen und Aktivschlaf schwankte bei den einzelnen Kindern zwischen 1 und 26 Pulsschlägen/Minute, zwischen Wachen und Ruheschlaf zwischen 6 und 39 Pulsschlägen/Minute.

Die vorliegenden Ermittlungen decken sich mit den Untersuchungen aller anderen Autoren, zum Beispiel KATZENBERGER (1913), SUTHERLAND und MC MICHAEL (1929), FANCONI und WALLGREN (1967), SEITZ (1910) und in jüngster Zeit auch HELLBRÜGGE (1956), die das Pulsfrequenzverhalten im Kindesalter beschrieben und Übereinstimmend festgestellt haben, daß die Pulsfrequenz im Wachen deutlich höher liegt als im Schlaf. Es wurde allgemein auf die große interindividuelle Variabilität der Pulsänderungen zwischen Schlaf- und Wachverhalten hingewiesen. Von manchen Autoren wurde eine Puls-

differenz bis zu 40 Pulsschlägen/Minute angegeben. Diese Beobachtungen ließen sich auch anhand der vorliegenden Untersuchungsergebnisse bestätigen.

HELLBRÜGGE, der sich ausführlich mit den tagesperiodischen Veränderungen der Pulsfrequenz im Kindesalter befaßte, konnte nachweisen, daß die Tag-/Nachtdifferenz der Pulsfrequenz erstmalig zwischen der 6. bis 18. Lebenswoche auftritt. Der Pulsunterschied bei Kindern dieser Altersstufe betrug durchschnittlich 8 Pulsschläge/Minute.

Im vorliegenden Untersuchungsgut fanden sich zwei Kinder, die dieser Altersklasse angehörten. Auch hier war ein deutlicher Unterschied der Wach- und Schlafpulsfrequenz von durchschnittlich 9 Pulsschlägen/Minute nachzuweisen.

Bei den einzelnen Kindern und verschiedenen Altersklassen war jedoch nicht nur ein Anstieg der Pulsfrequenz während des Wachens sondern auch eine erhebliche, signifikante Zunahme der Pulsfrequenzschwankungen im Vergleich zu den beiden Schlafstadien zu beobachten. Nur in der Altersgruppe VI (27 bis 30 Monate) konnte wiederum kein signifikanter Unterschied zwischen der Pulsstreuung im Wachen und dem Aktivschlaf gefunden werden. Es sind auch hierbei die bereits angegebenen Gründe zu berücksichtigen.

Zusammenfassend läßt sich feststellen, daß zwischen dem Aktiv- und Ruheschlaf nur ein relativ geringfügiger, jedoch signifikanter Anstieg der Pulsfrequenz zu beobachten war, während sich im Wachen eine erhebliche tonische und phasische Frequenzänderung des Pulses im Vergleich zu beiden Schlafstadien manifestierte. Das unterschiedliche Verhalten der Pulsfrequenz im Wachen ist sicherlich als eine Reaktion auf die Vielfalt der aus der Umwelt auf den Organismus einwirkenden Einflüsse zu verstehen.

2. Auf Grund zahlreicher Untersuchungen ist bekannt, daß die Pulsfrequenz bei Kindern mit zunehmendem Lebensalter abnimmt. HELLBRÜGGE und Mitarbeiter (1956) konnten nachweisen, daß die Pulsfrequenz sowohl zur Tages- als auch zur Nachtzeit mit steigendem Kindesalter kontinuierlich abfällt. Ein deutlicher Pulsabfall war auch schon in den ersten beiden Lebensjahren zu beobachten.

HUNGERLAND und ZENZ (1952), die das Pulsverhalten zwischen dem 3. und 14. Lebensjahr während der Nachtstunden untersuchten, vertreten dagegen die Ansicht, daß die Pulsfrequenz während des Schlafens mit zunehmendem Kindesalter unverändert bleibt. Diese These kann jedoch weder nach den umfangreichen Untersuchungen HELLBRÜGGES, noch nach den vorliegenden Ermittlungen, die allerdings nur einen relativ kurzen Lebensabschnitt umfassen, bestätigt werden.

In Übereinstimmung mit der Feststellung HELLBRÜGGES und Mitarbeiter (1956) war auch in der vorliegenden Studie bei Kindern zwischen dem 3. und 30. Lebensmonat eine deutlich fallende Tendenz der Pulsfrequenz in den 3 verschiedenen Verhaltensstadien zu objektivieren. Die Pulsfrequenz sinkt im Wachen ebenso wie im Ruhe- und Aktivschlaf innerhalb dieses Zeitraumes durchschnittlich um 20 Pulsschläge/Minute ab.

VI. Zusammenfassung

Es wurde das Pulsfrequenzverhalten während des Wachens und der beiden verschiedenen Schlafstadien, des Aktiv- und Ruheschlafes, bei 30 Kindern im Alter von 3 bis 30 Monaten untersucht. Es ergeben sich dabei folgende Ergebnisse:

Pulsfrequenzunterschiede zwischen den einzelnen Verhaltensstadien:

1. Im Aktivschlaf fand sich eine signifikant höhere Pulsfrequenz als im Ruheschlaf. Der Pulsfrequenzanstieg kann also als ein entscheidendes Kriterium für den Aktivschlaf gewertet werden.
2. Zwischen Ruhe- und Aktivschlaf konnte jedoch ~~kei~~n signifikanter Unterschied hinsichtlich der Pulsirregularität ermittelt werden. Die Unregelmäßigkeit der Pulsfrequenz kann damit als Kriterium zur Unterscheidung der beiden Schlafstadien nicht herangezogen werden.
3. Während des Wachens konnte eine signifikant höhere Pulsfrequenz im Vergleich zu beiden Schlafstadien gefunden werden.
4. Dieser Unterschied der Pulsfrequenz zwischen Wachen und Schlafen war auch schon bei Kindern im Alter von drei Monaten zu beobachten.
5. Ebenso deutlich trat im Wachen im Vergleich zu beiden Schlafperioden eine erhebliche Zunahme der Pulsirregularität auf.

Die Pulsfrequenzänderung in den einzelnen Verhaltensstadien im Verlauf des ersten und zweiten Lebensjahres:

In allen drei Verhaltenszuständen war die Pulsfrequenz im zweiten Lebensjahr geringer als im ersten Lebensjahr, d.h. die Pulsfrequenz fällt im Wachen ebenso wie im Schlaf mit zunehmenden Kindesalter ab.

VII. Anhang

Es werden insgesamt 23 Abbildungen vorgelegt, die für die einzelnen Versuchspersonen nach Auswertung der polygraphischen Ableitungen angefertigt wurden.

Die Differenzierung der beiden Schlafphasen erfolgte mit Hilfe des Elektrooculogramms und des Elektroencephalogramms. Der Aktivschlaf ist durch das Auftreten von raschen Augenbewegungen (rapid eye movement) und durch schnelle, niedrige Wellen im EEG gekennzeichnet. Charakteristisch für den Ruheschlaf sind die im EOG in Erscheinung tretenden langsamen Augenbewegungen (slow eye movement). Im EEG sind vorwiegend langsame Wellen mit hoher Amplitude zu verzeichnen.

Die beiden Schlafstadien, ebenso das Wachverhalten, sind unterschiedlich gekennzeichnet. In den Einzelabbildungen kommen die in den verschiedenen Verhaltenszuständen ermittelten Pulsfrequenzwerte differenziert zur Darstellung.

Besonders deutlich zu erkennen ist bei Kind Nr. 15 und 21 die tonische Änderung der Pulsfrequenz zwischen Ruhe- und Aktivschlaf. Auffallend ist der Pulsanstieg beim Übergang vom Ruhe- in den Aktivschlaf bei Kind Nr. 18, 29 und 30. Kind Nr. 15 und 18 zeigen eine besonders ausgeprägte Irregularität der Pulsfrequenz im Aktivschlaf.

Während des Wachens sind bei allen Probanden deutlich höhere Pulswerte zu registrieren im Vergleich zu den beiden Schlafperioden (Kind Nr.24).

Es wurden folgende Parameter bestimmt:

Motilität durch das Aktogramm

- + vermehrte Körperunruhe: kurze, unregelmäßige Ausschläge
- kleine, kaum registrierbare Ausschläge

Atmung (Thermister-Nasenföhler)

- + Zunahme der Atemfrequenz
- ruhige, gleichmäßige Atmung

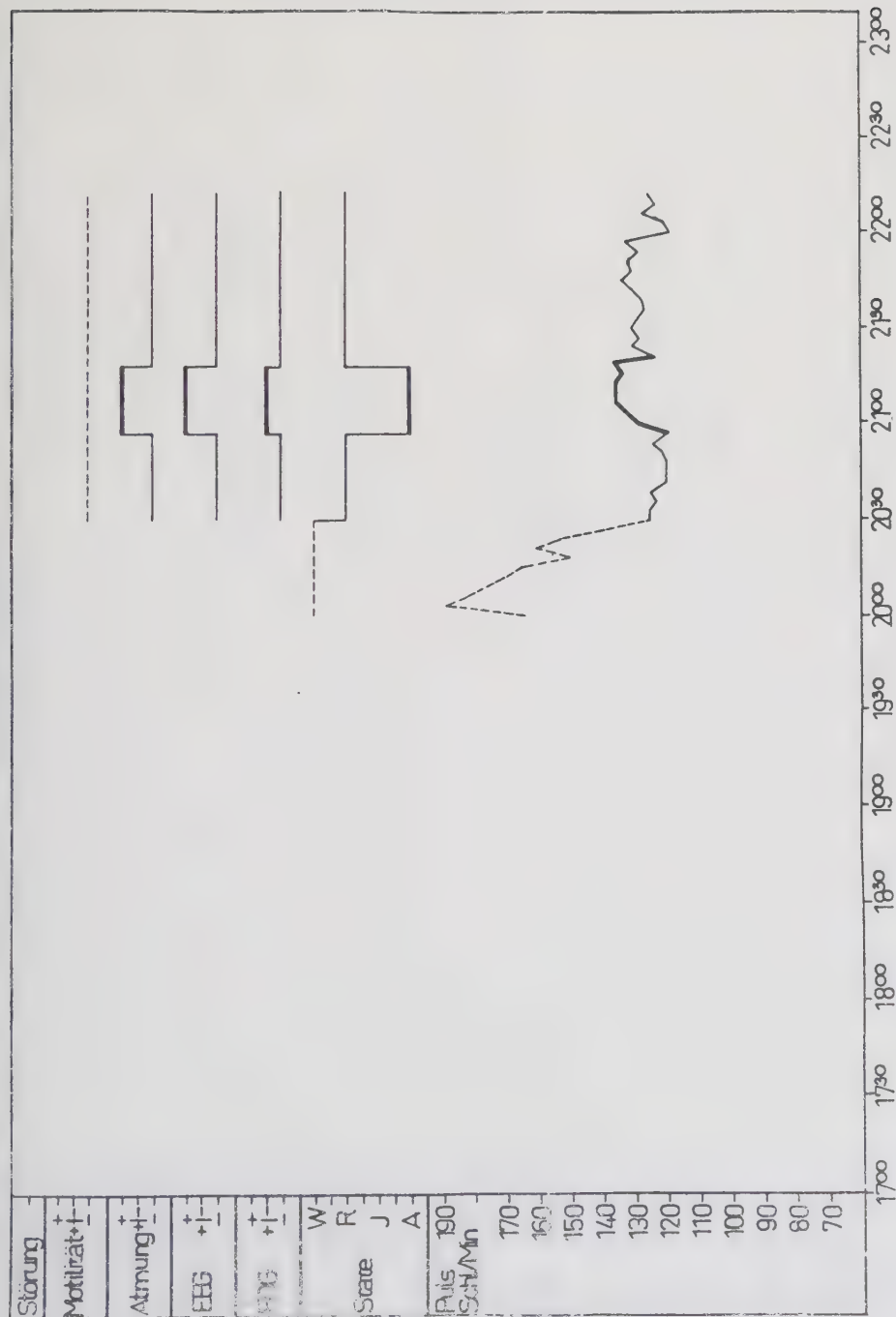
EEG

- + schneller, unregelmäßiger Potentialverlauf
- hohe, langsame Wellen

EOG

- + rasche Augenbewegungen (REM)
- langsame Augenbewegungen (SEM)

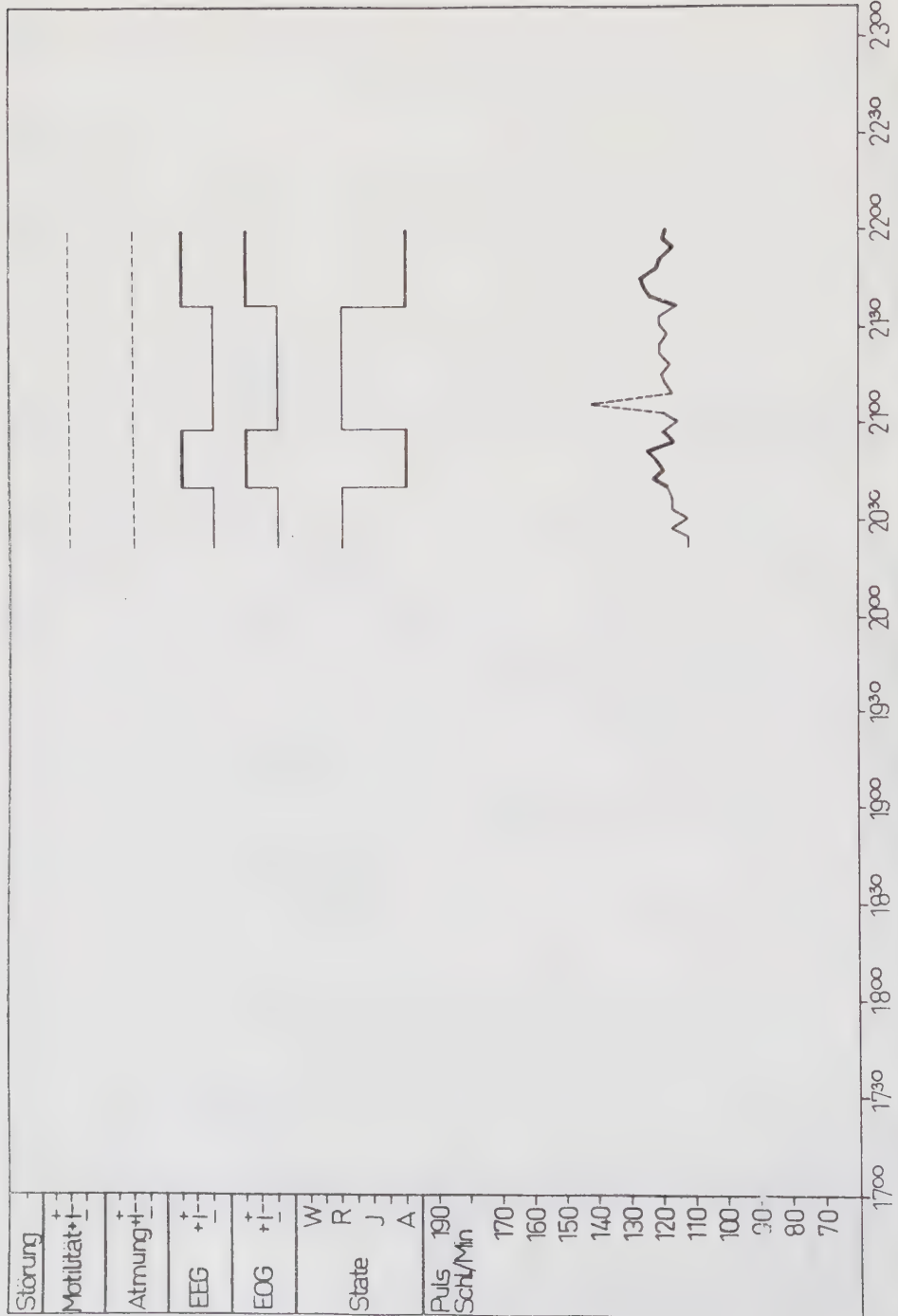
State: (Verhaltenszustand) W - Wachen / R - Ruheschlaf / A - Aktivschlaf
(- - -) (——) (————)



Lfd. Nr. 4

REISS D. (weibl.) Alter: 9 Mon.

Anzahl der Meßwerte: 74

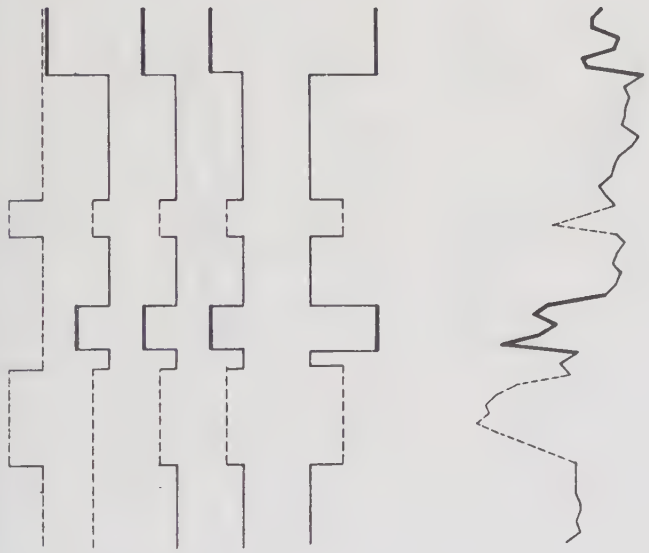


Lfd. Nr. 6

BRAUN R. (männl.) Alter: 9 Monate

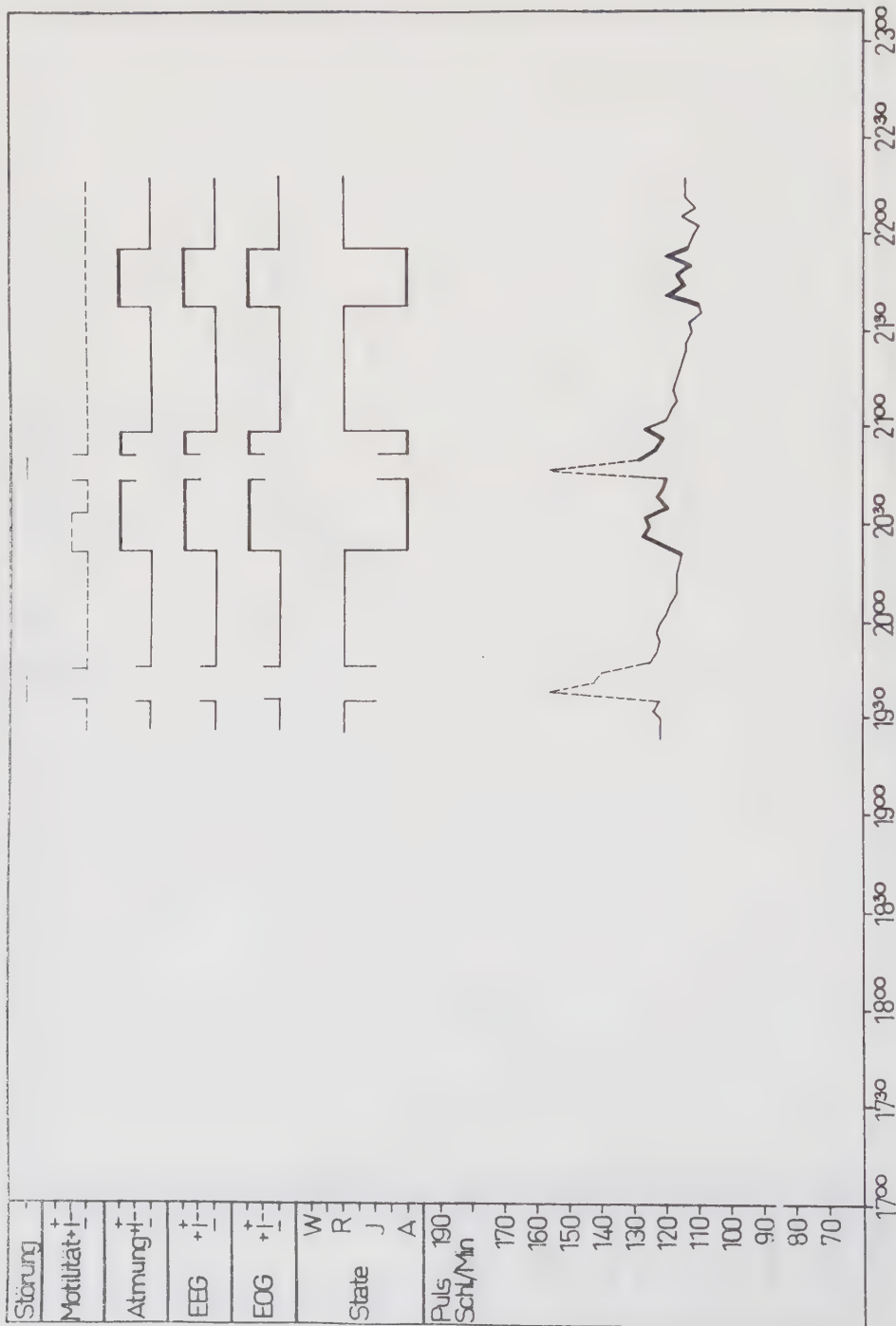
Anzahl der Meßwerte: 54

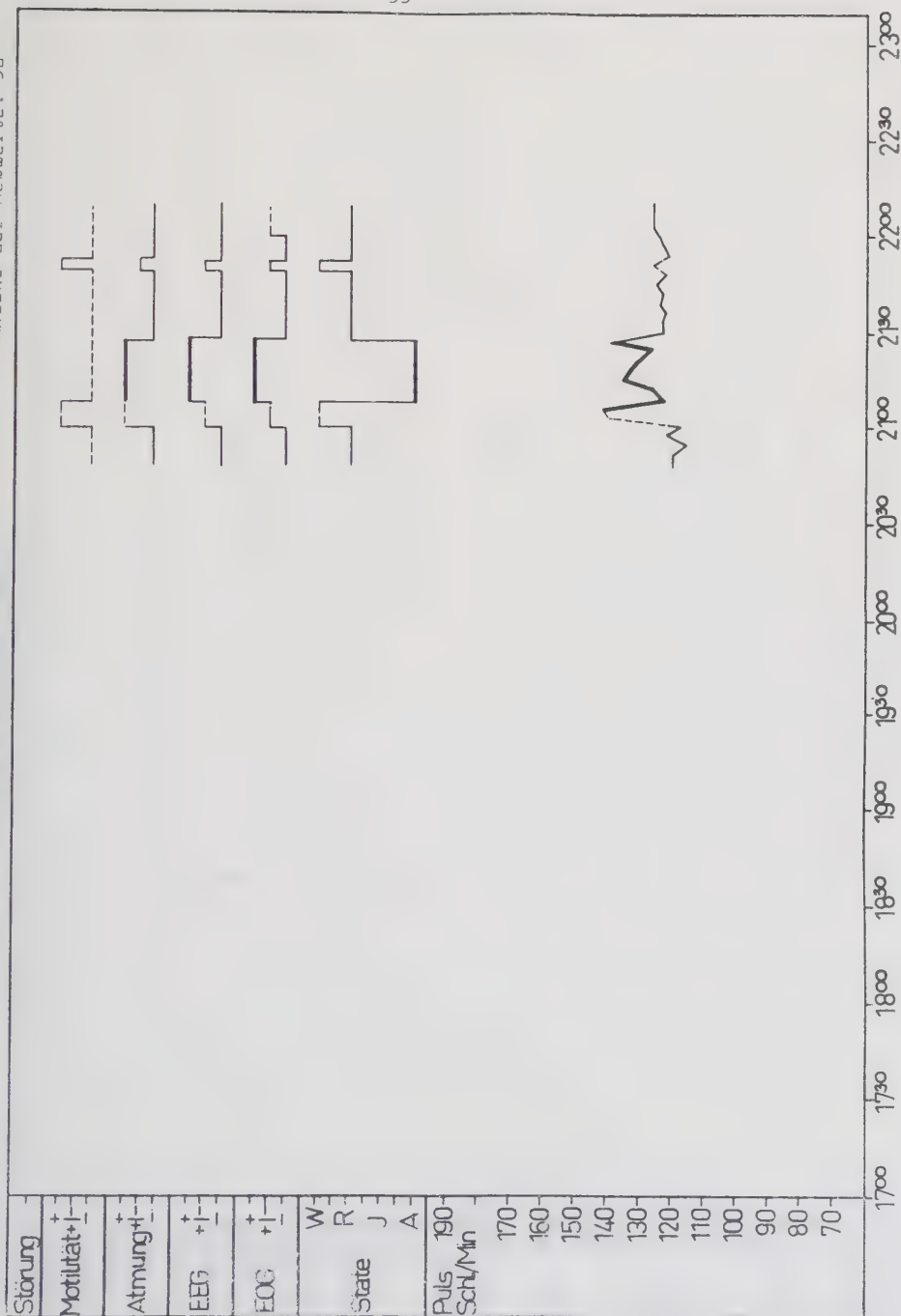
Störung	
Motilität + -	
Atmung + -	
EEG + -	
EOG + -	
W	
R	
State J	
A	
Puls 190	
Sch/Min	
170	
160	
150	
140	
130	
120	
110	
100	
90	
80	
70	

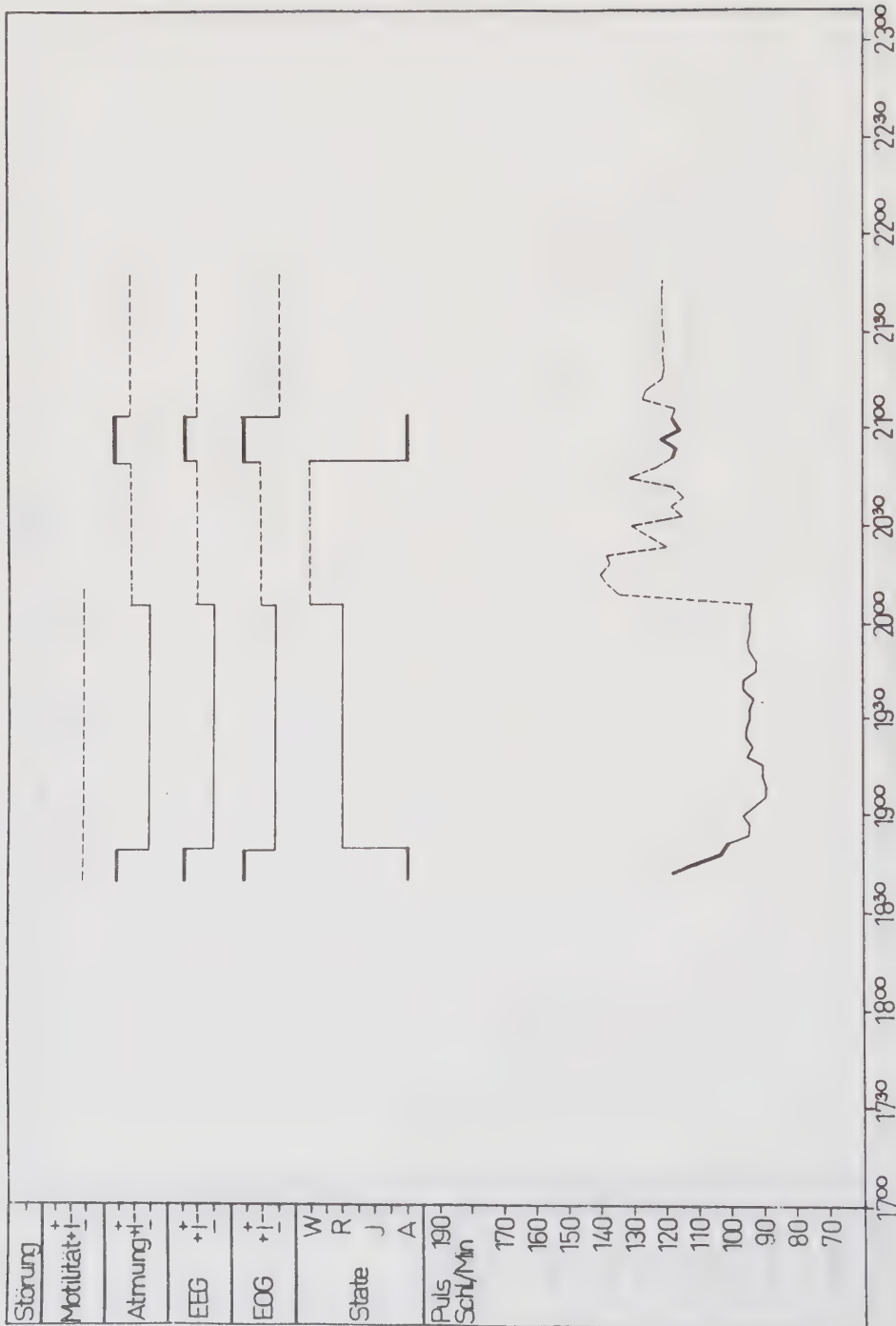


1700 1730 1800 1830 1900 1930 2000 2030 2100 2130 2200 2230 2300

Lfd. Nr. 9 BENJAMIN R. (männl.) Alter 12 Mon. Anzahl der Meßwerte: 62



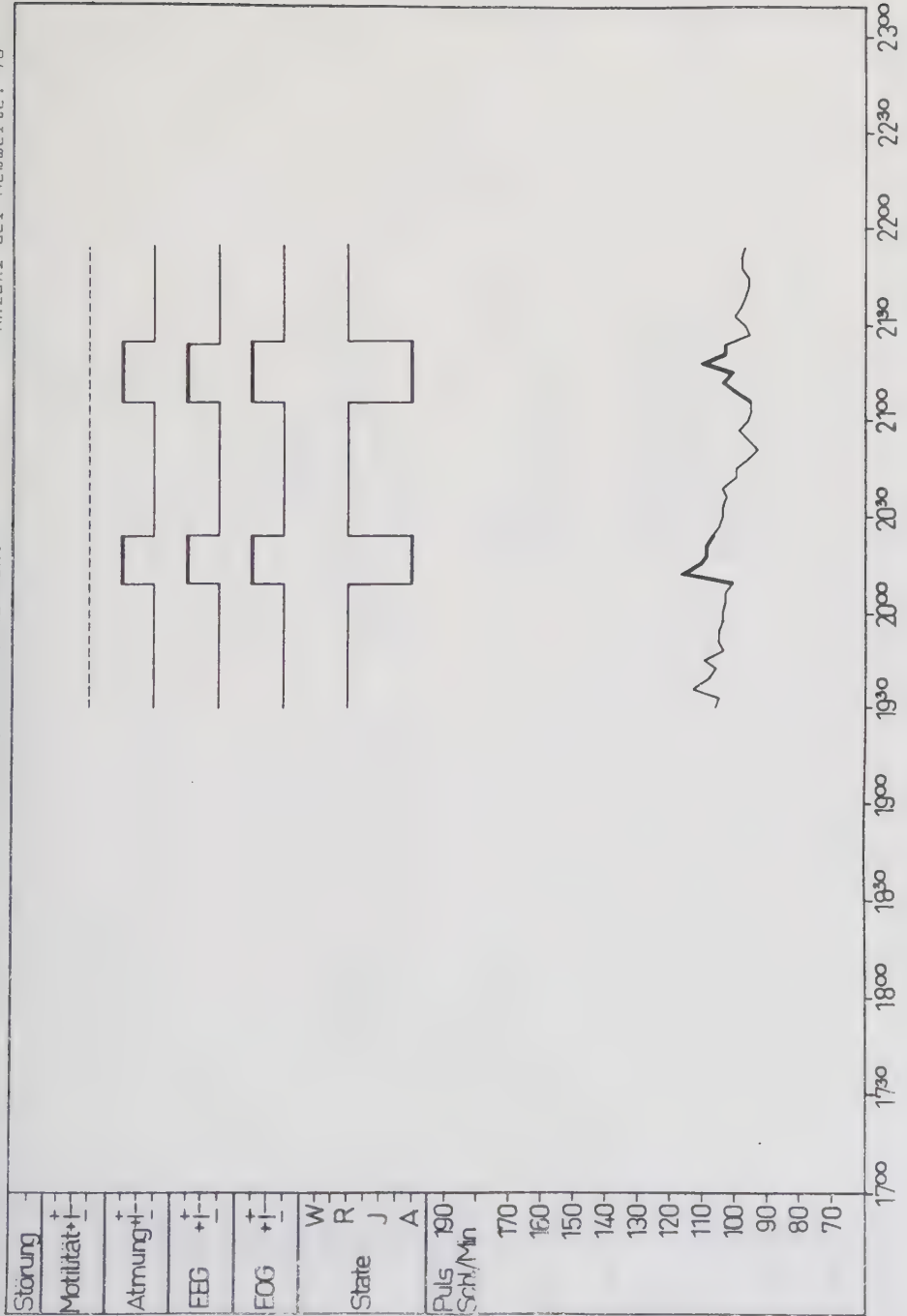




Anzahl der Meßwerte: 70

VADILLO C. (weibl.) Alter: 12 Mon.

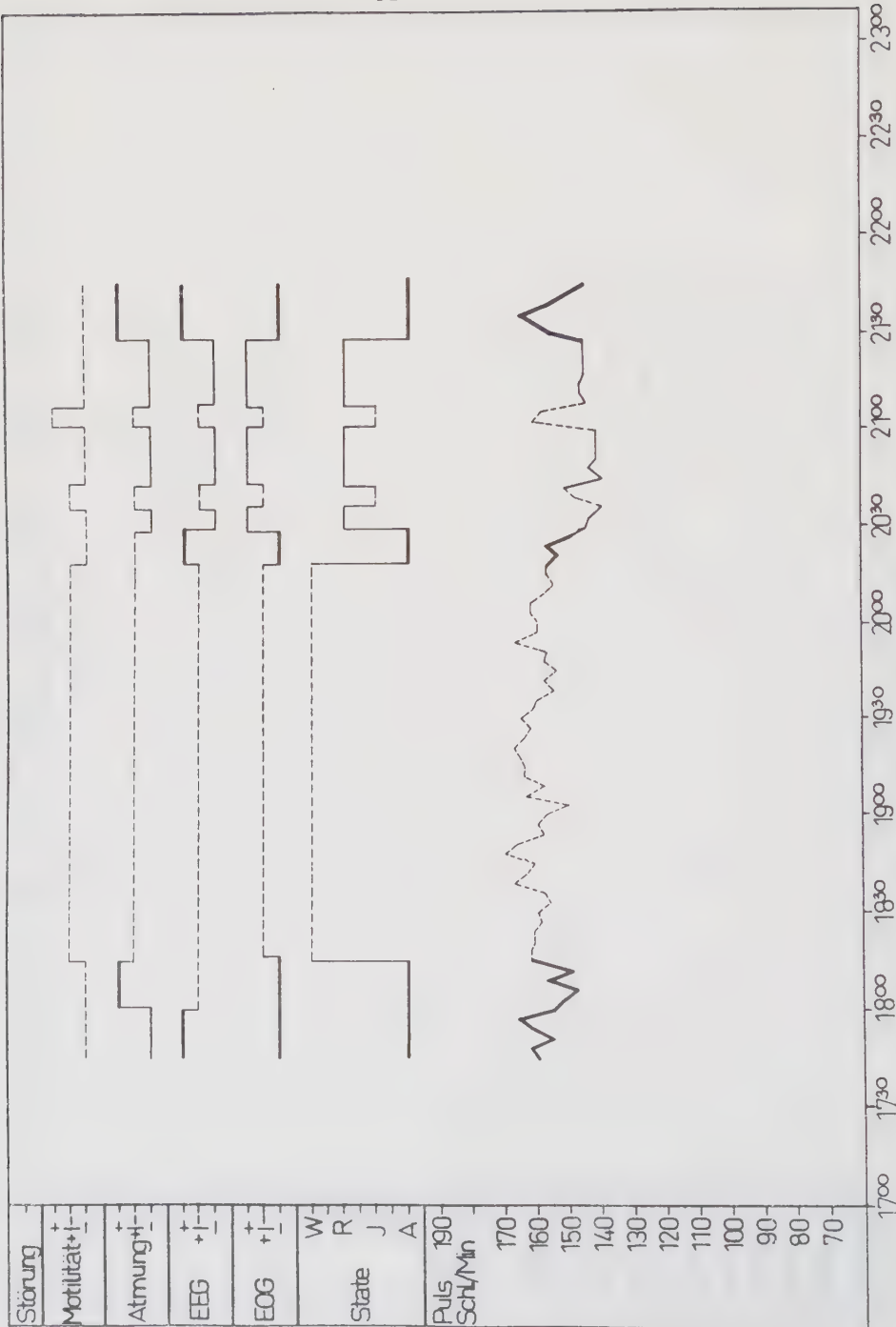
Lfd. Nr. 12

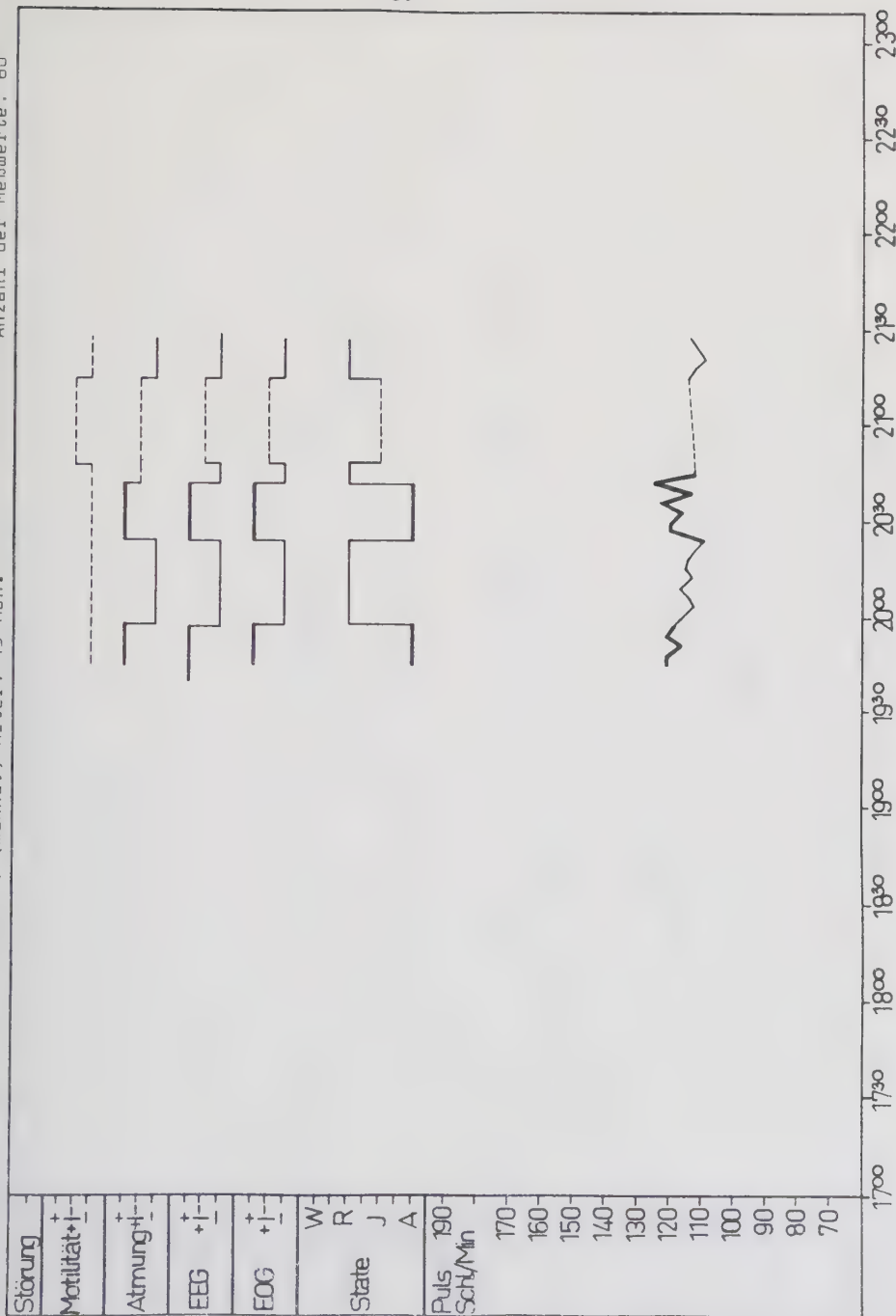


EYDNER Ch. (männl.) Alter: 16 Mon.

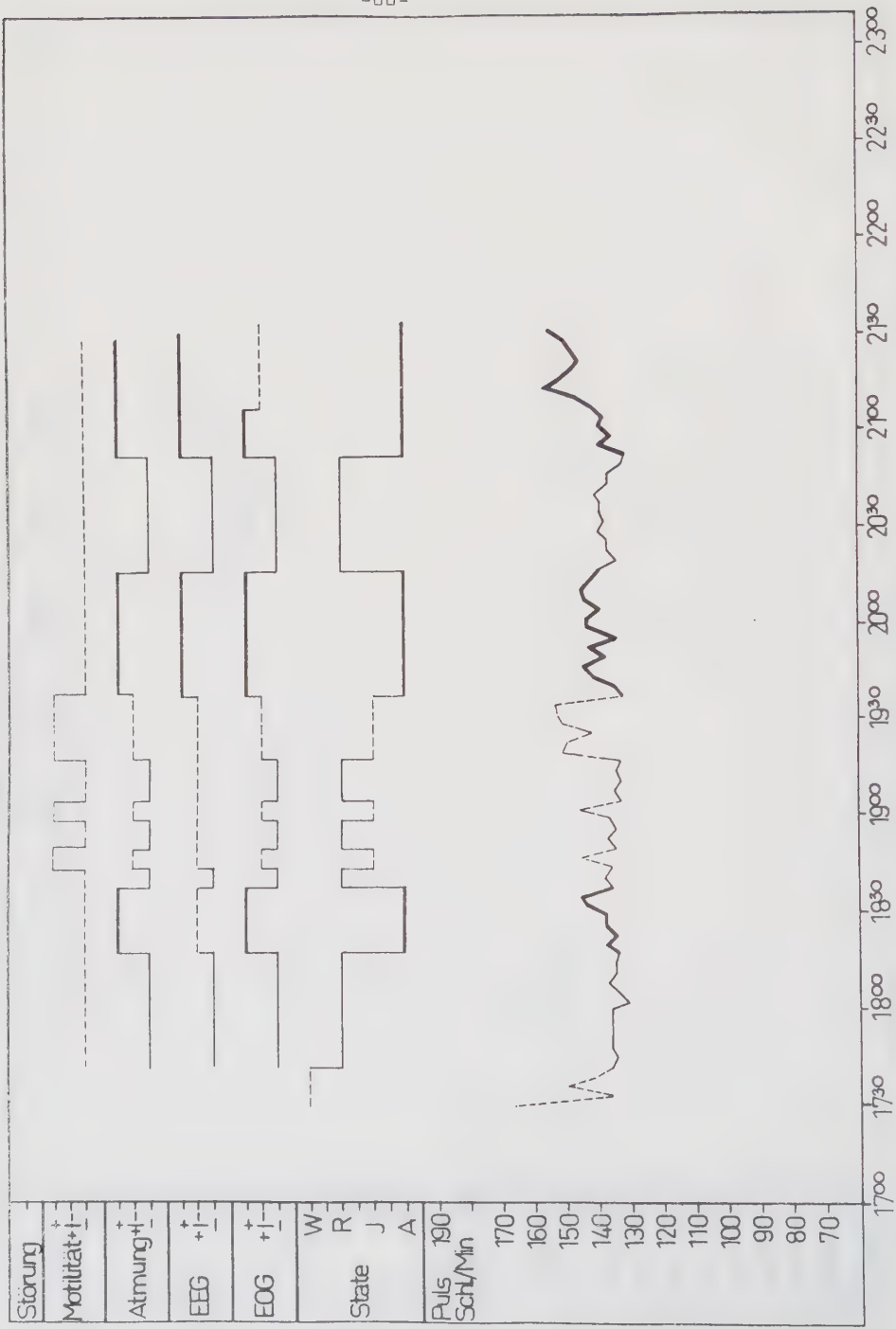
Lfd. Nr. 13

Anzahl der Meßwerte: 76

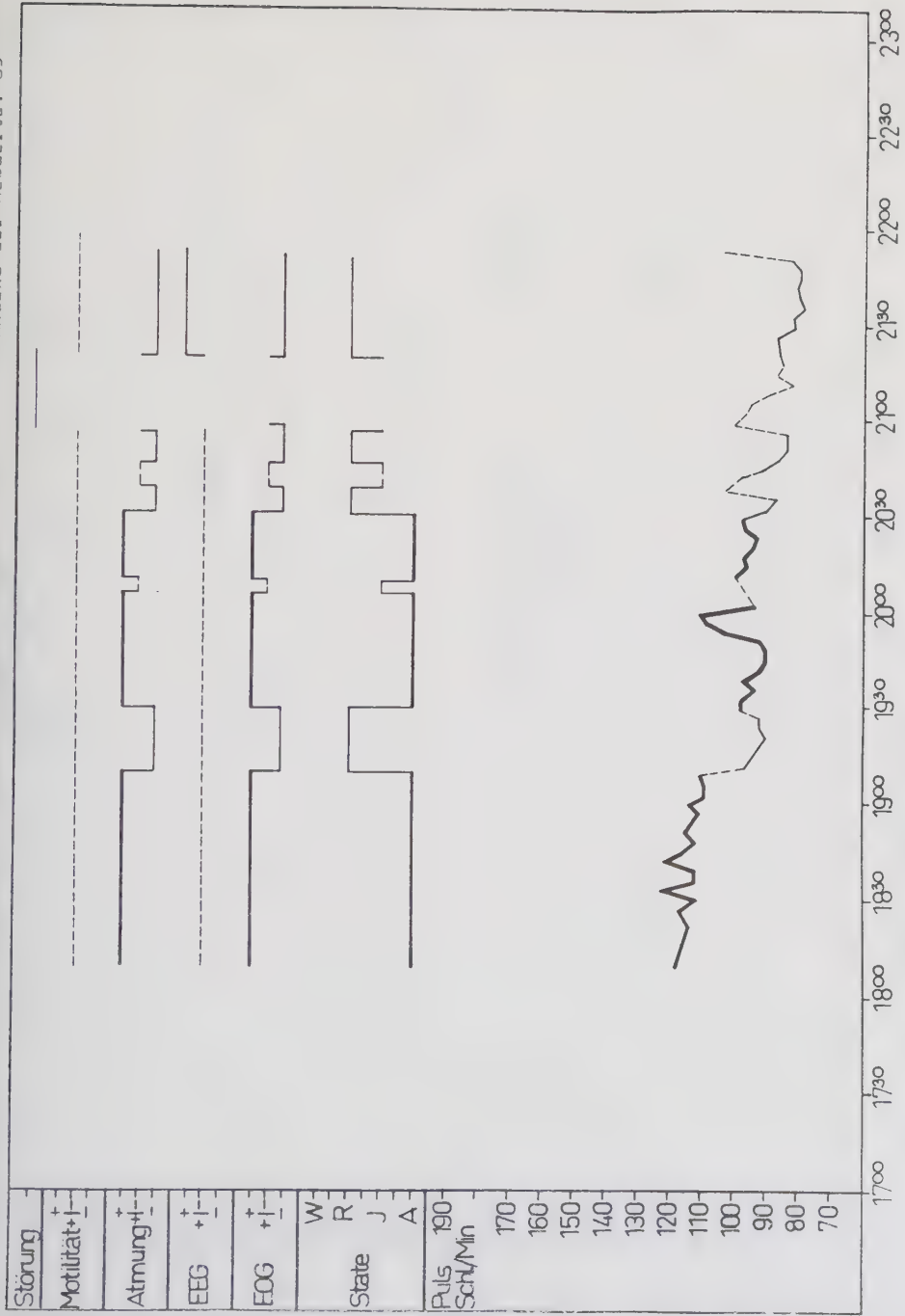




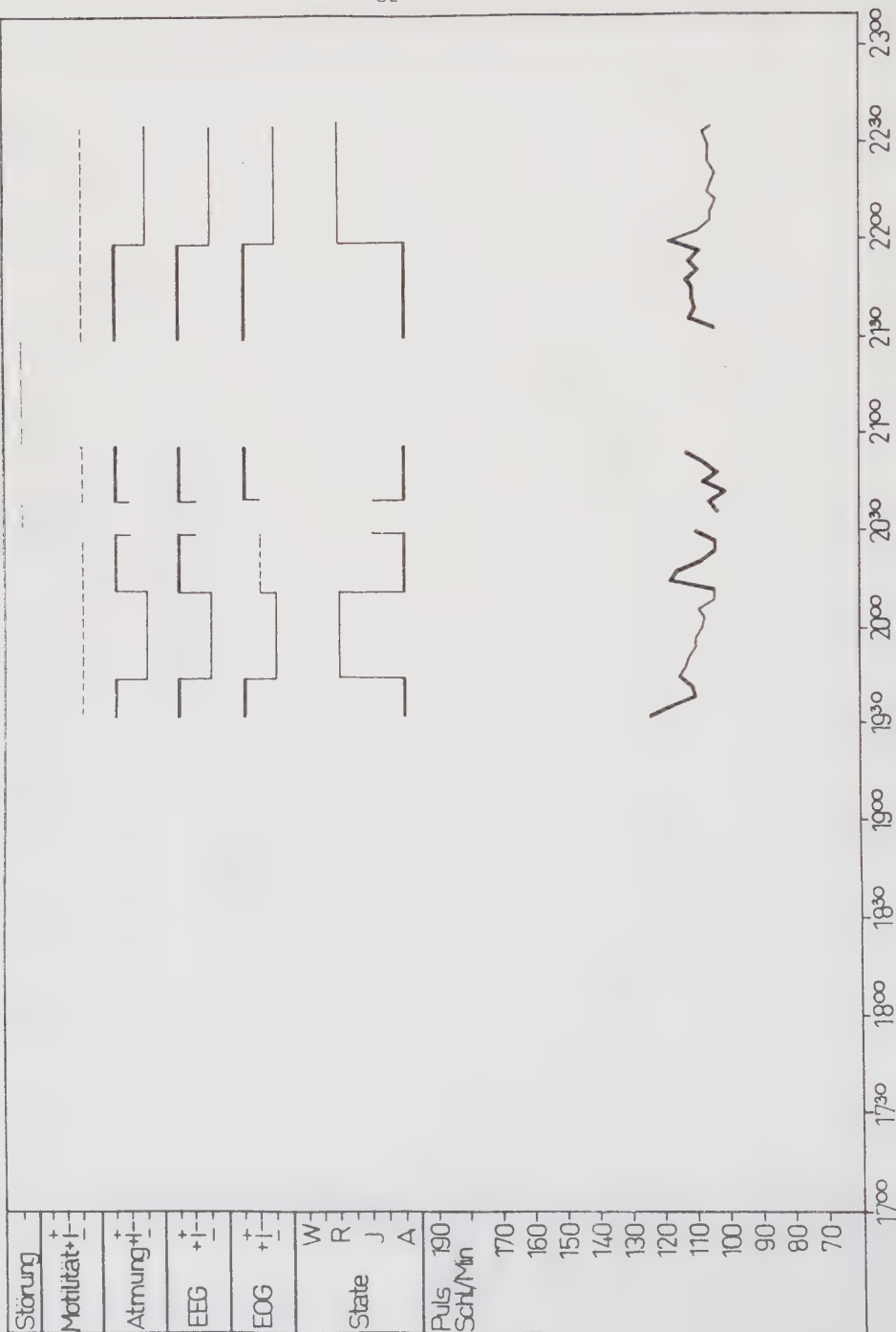
Lfd. Nr. 15 BLYSTIAK R. (männl.) Alter: 15 Mon. Anzahl der Meßwerte: 82

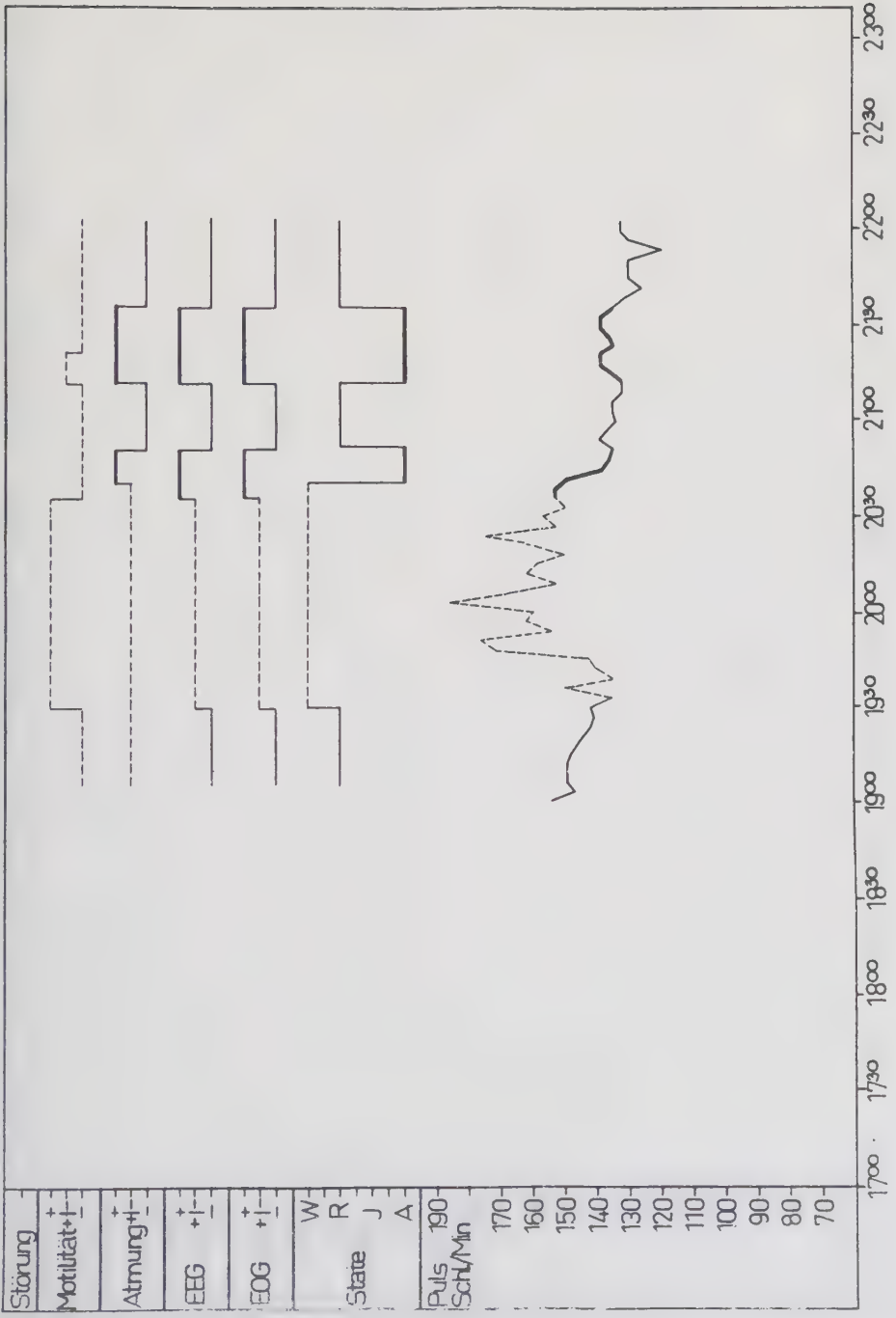


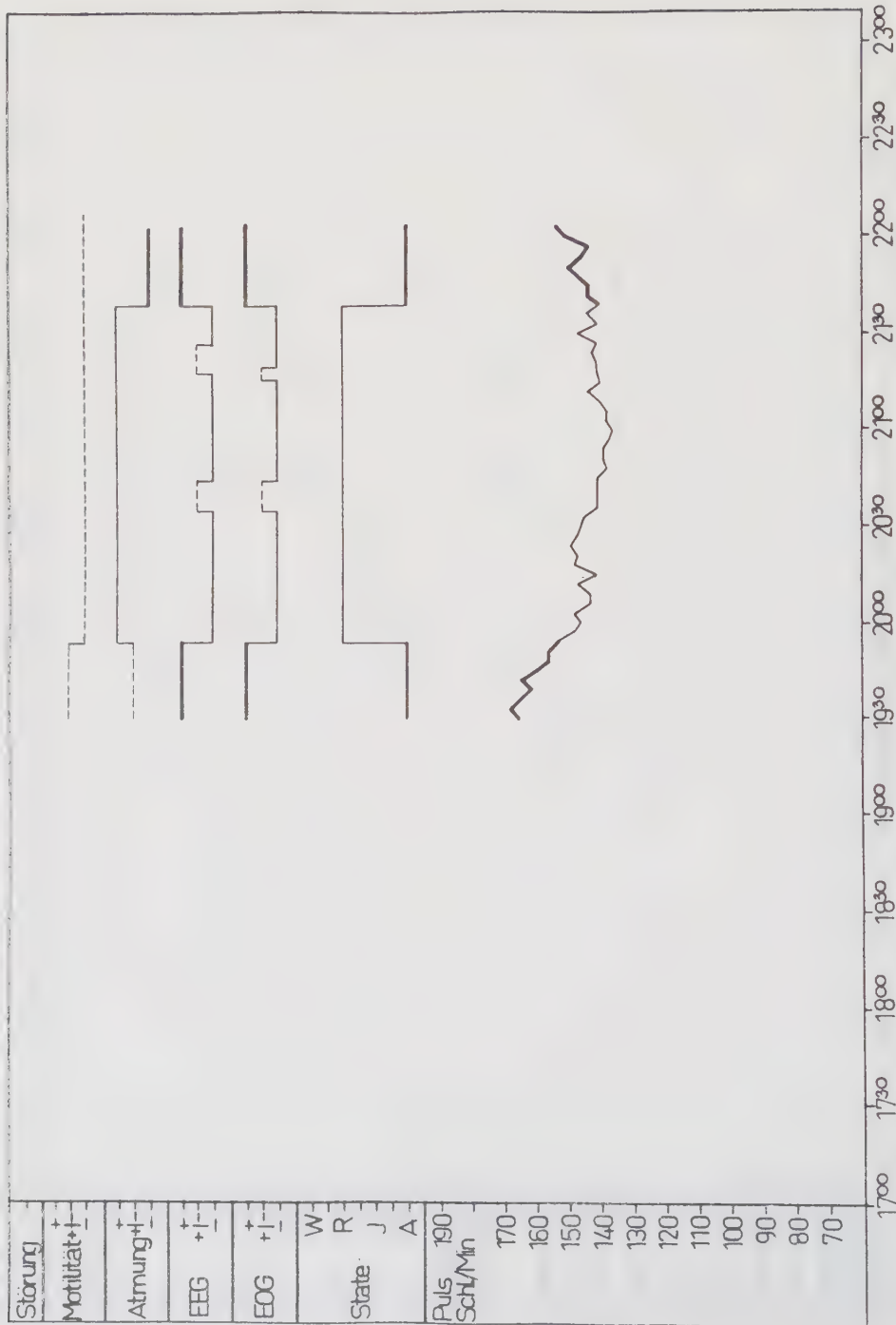
Lfd. Nr. 18 FRAUENRAT B. (weibl.) Alter: 21 Mon. Anzahl der Meßwerte: 83

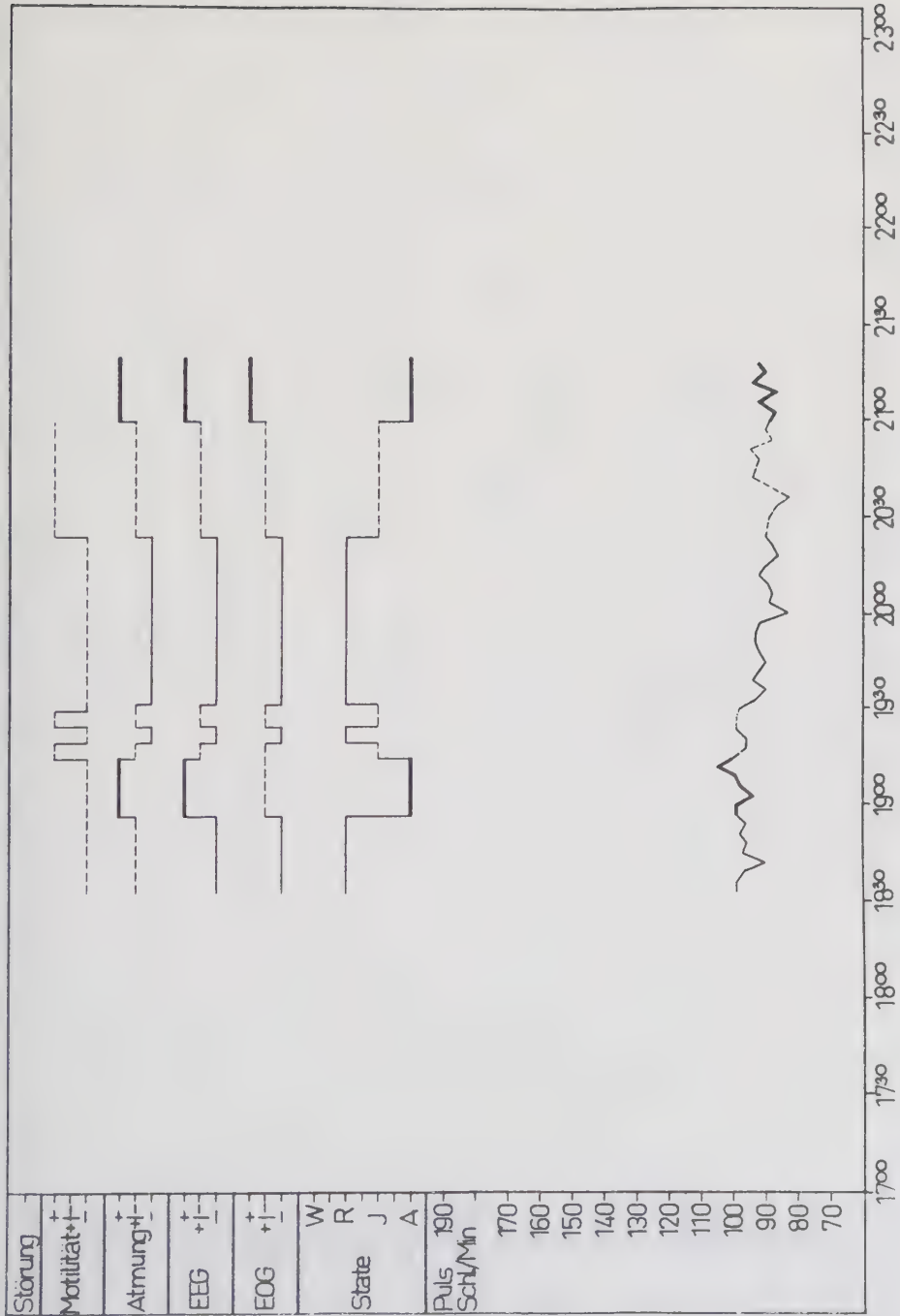


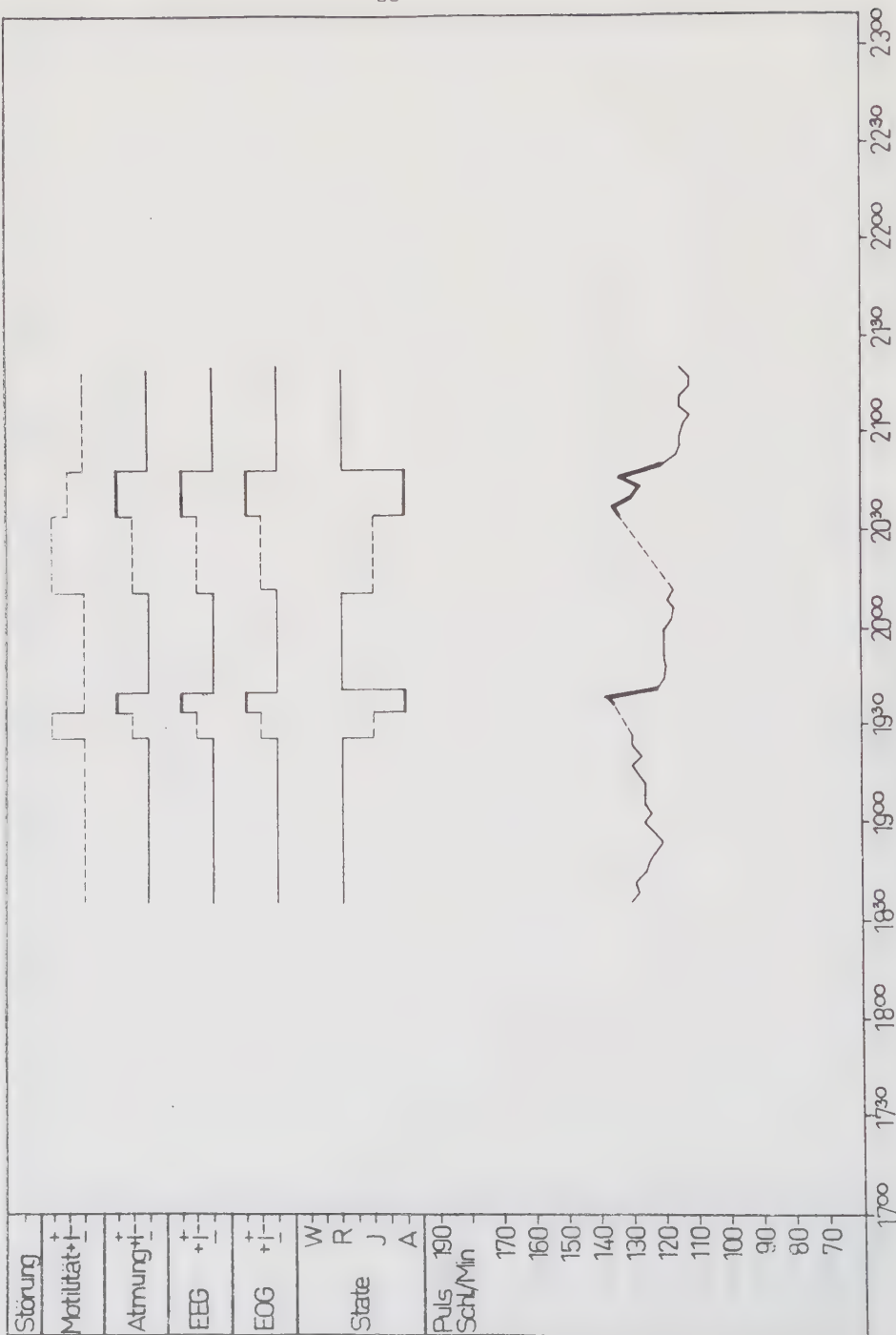
(F.d. Nr. 19 GREIMEL P. (weibl.) Alter: 22 Mon. Anzahl der Meßwerte: 74

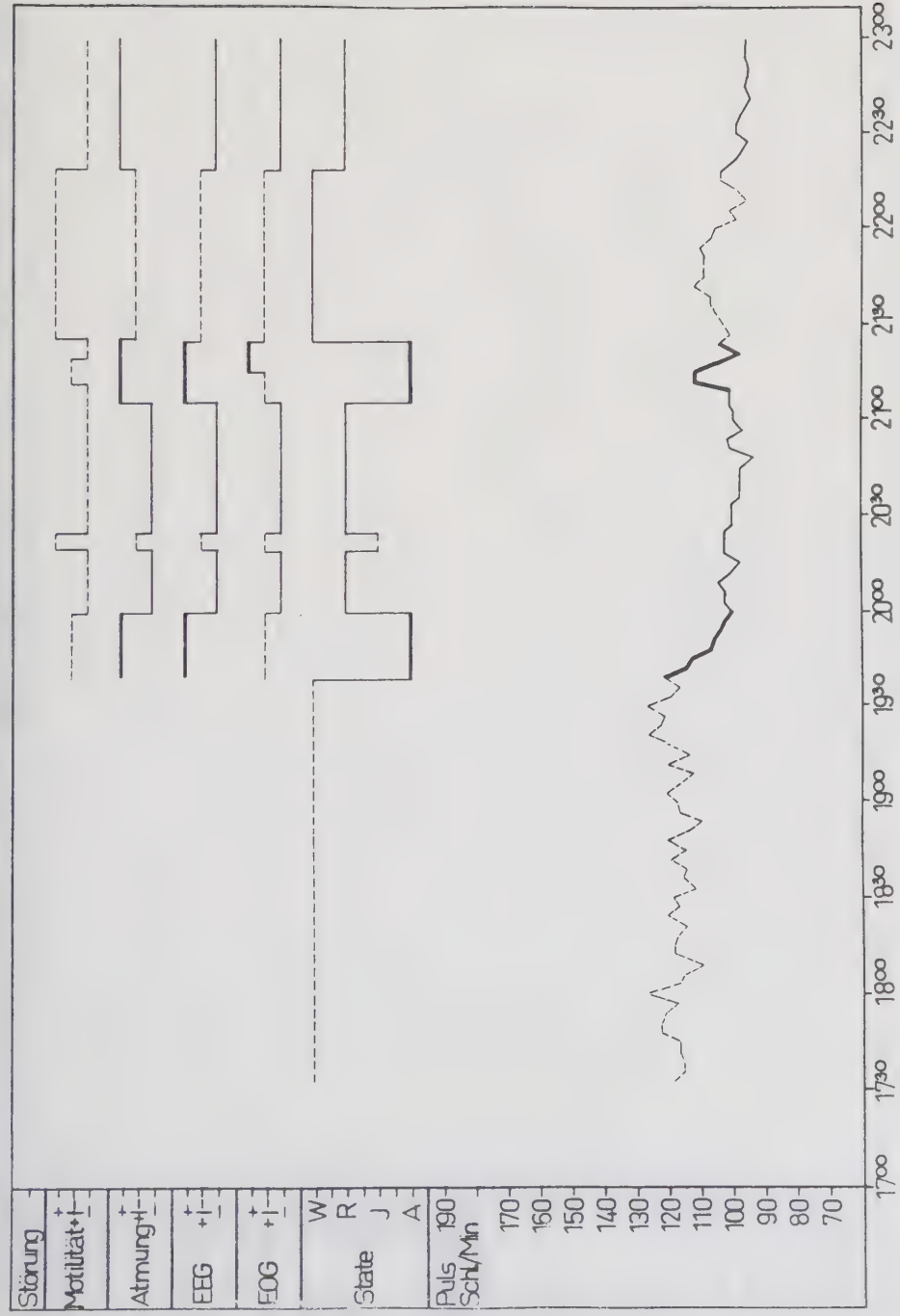


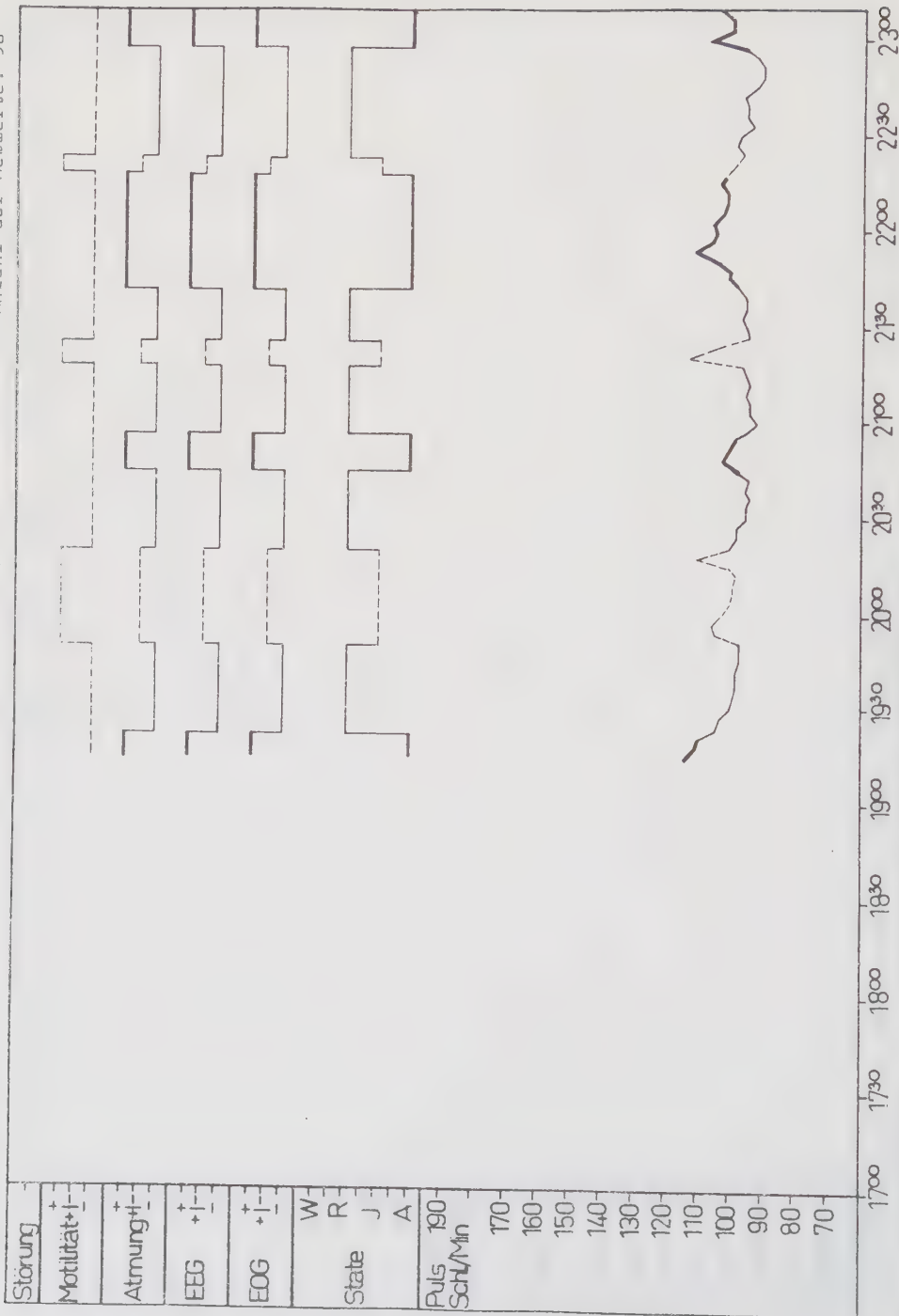


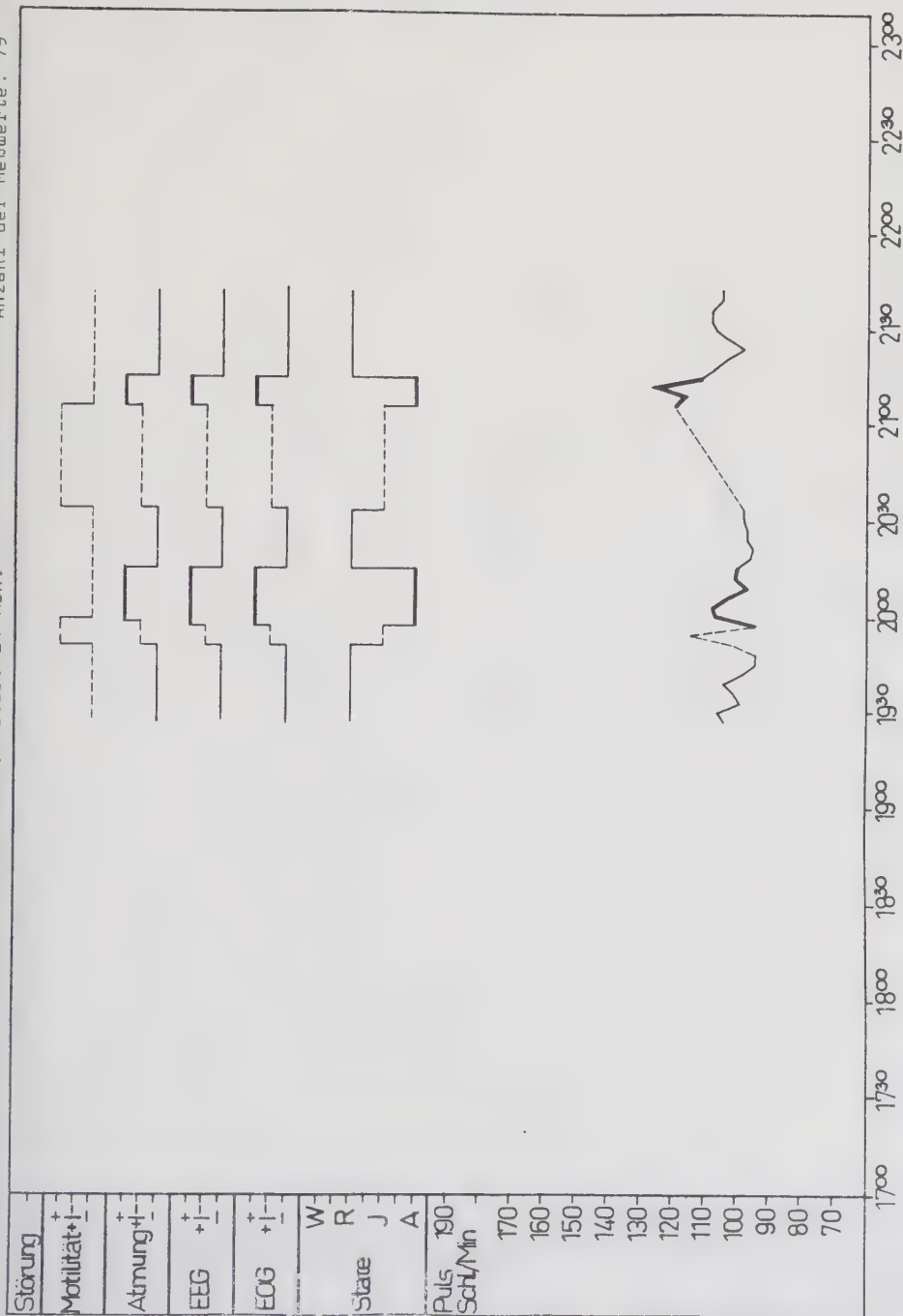








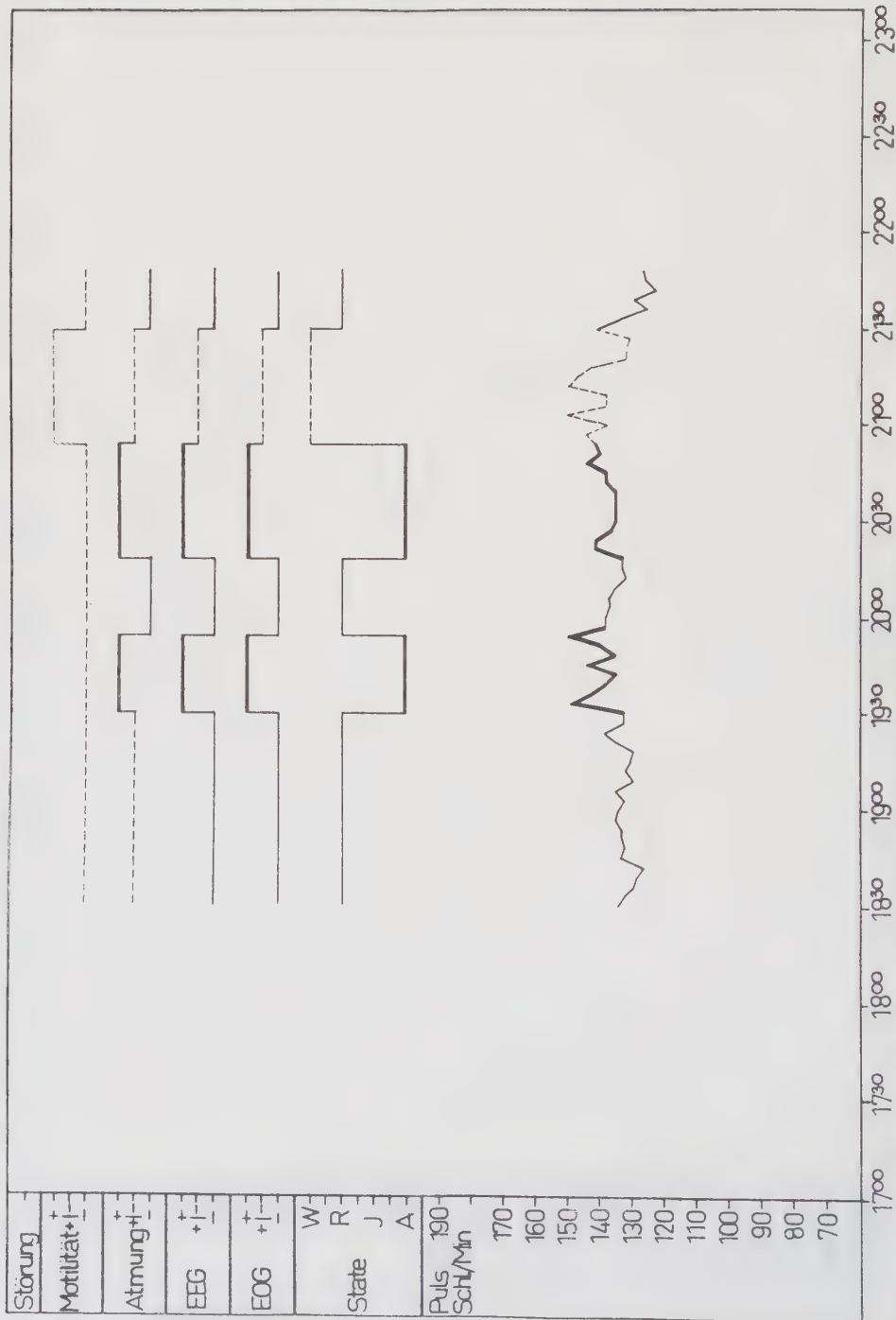


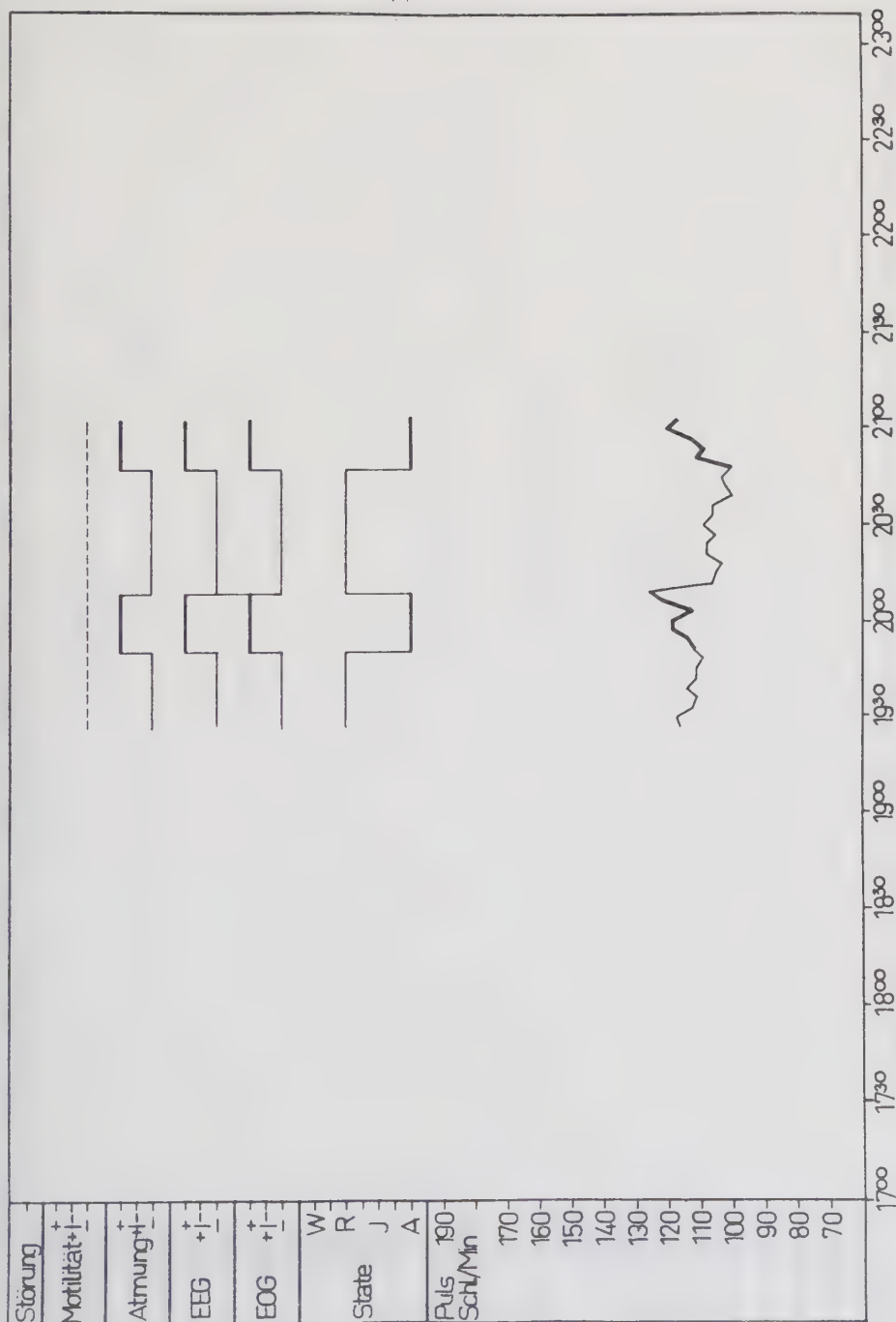


Lfd. Nr. 28

BAUER J. (männl.) Alter: 27 Mon.

Anzahl der Meßwerte: 72

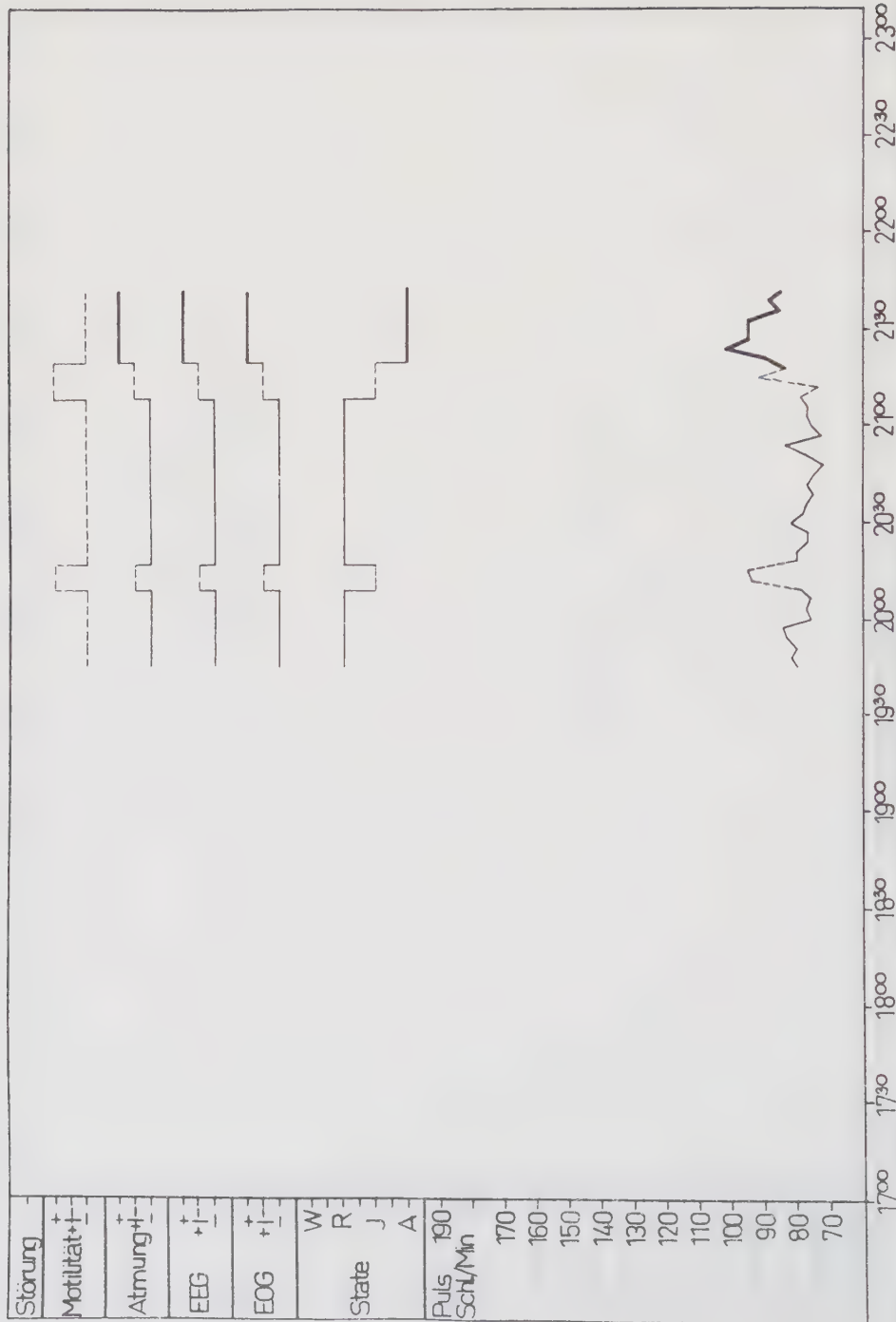




Lfd. Nr. 30

BAUER I. (männl.) Alter: 30 Mon.

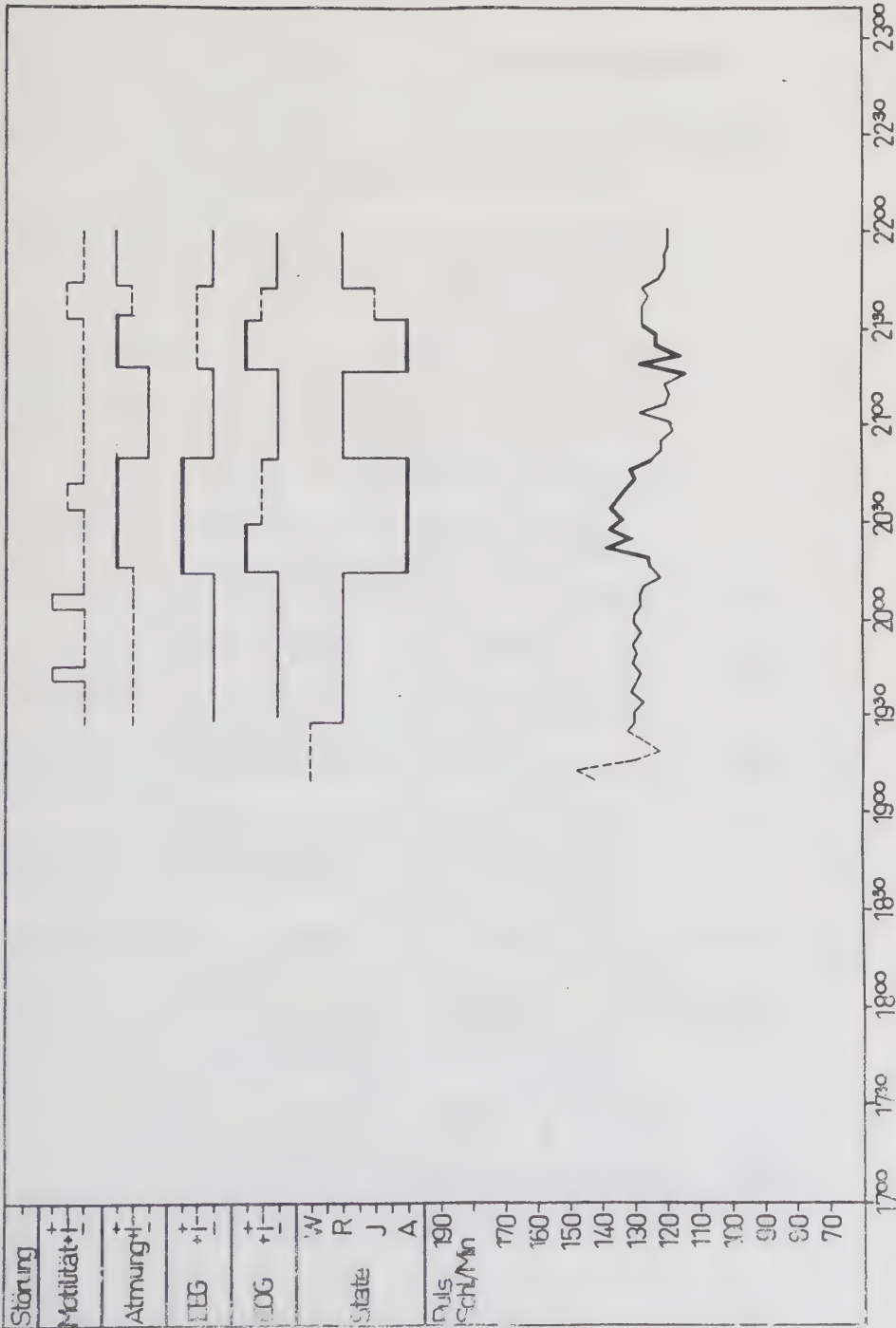
Anzahl der Meßwerte: 81



Lfd. Nr. 1

ZEMANEK V. (weibl.) Alter: 3 Mon.

Anzahl der Meßwerte: 59



VIII. Literaturverzeichnis

1. ASERINSKY, E. and KLEITMANN, N.: (1955) Two Types of Ocular Motility Occuring in Sleep. J. Appl. Physiol. 8, p.p. 1-10
2. ARON, H.: (1923) Über den Schlaf im Kindesalter. Machr. Kinderheilk. 26, p. 209
3. BATINI, C., FRESSY, J. et COQUERY, J.M.: (1965) Critères polygraphiques du sommeil lent et du sommeil rapide. Paris: D. Masson. In: le sommeil de nuit normal et pathologique. p.p. 156-183
4. BAUST, W.: (1970) Die Phänomenologie des Schlafes. Stuttgart: Wissenschaftl. Verlagsges. p.p. 99-139
5. BAUST, W., BOHNERT, B.: (1969) The regulation of heart rate during sleep. Exp. Brain Res. 7, p.p. 169-180
6. BERGER, H.: (1931) Über das Electroencephalogramm des Menschen. Arch. Psychiat. Nervenkr. 94, p.p. 16-60
7. BERGER, H.: (1933) Über das Electroencephalogramm des Menschen. Arch. Psychiat. Nervenkr. 99, p.p. 555-574
8. BERGER, H.: (1934) Über das Electroencephalogramm des Menschen. Arch. Psychiat. Nervenkr. 102, p.p. 538-557
9. BIRSACK, G.: (1959) Über die Pulsfrequenz des Kindes während und nach der Geburt. München: Dissertation
10. CERNY, A.: (1891) Beobachtungen über den Schlaf im Kindesalter unter physiologischen Verhältnissen. Jb. Kinderheilkunde 33, p.p. 1-28
11. DAVIS, H., DAVIS, P.A., LOOMIS, A.L., HARVEY, E.N. and HOBART, G.: (1938) Human Brain potentials during the onset of sleep. J. Neurophysiol. 1, p.p. 24-38

12. DEMENT, W. and KLEITMANN, N.: (1957) Cyclic Variations in EEG during sleep and their relation to eye movements, body motility and dreaming. *Electroenceph. Clin. Neurophysiol.* 9, p.p. 673-690
13. DEMENT, W.: (1958) The occurrence of low voltage, fast Electroencephalogramm patterns during behavioral sleep in the cat. *Electroenceph. Clin. Neurophysiol.* 10, p.p. 291-296
14. DOCUMENTA GEIGY: (1968) *Wissenschaftl. Tabellen*. Basel: J.R. Geigy AG, Pharma Basel
15. FANCONI, G. und WALLGREN, A.: (1967) *Lehrbuch der Pädiatrie*, Basel: Schwabe und Co., 8. Auflg.
16. FISCHER, M. und PECHSTEIN, J.: (1969) Hohe kindliche Pulsfrequenz bei Alltagsbelastung. Eine telemetrische Untersuchung. *Z. f. Kinderheilk.* 106, p.p. 333-347
17. FISCHGOLD, H. u. SCHWARTZ, B.A.: (1961) *The nature of sleep*. London: J. & A. Churchill, p. 209
18. GUAZZI, M. u. ZANCHETTI, A.: (1965) Blood pressure and heart rate during natural sleep of the cat and their regulation by carotid sinus and aortic reflexes. *Arch. ital. Biol.* 103, p.p. 789-817
19. HELLBRÜGGE, Th., LANGE, J., RUTENFRANZ, J.: (1956) Über die Entwicklung von tagesperiodischen Veränderungen der Pulsfrequenz im Kindesalter. *Z. Kinderheilk.* 78, p.p. 703-722
20. HELLBRÜGGE, Th., LANGE, J., RUTENFRANZ, J. STEHR, K.: (1963) Über das Entstehen einer 24-Stunden-Periodik physiologischer Funktionen im Säuglingsalter. *Forschr. d. Med.* 81, p.p. 19-26

21. HELLBRÜGGE, Th.: (1965) Entwicklung der Tag-Nacht-Periodik
im Kindesalter. Berlin: Wiss.Z.Humboldt-Univ.
Math.-Nat. R XIV, p.p. 263-275
22. HELLBRÜGGE, Th.: (1967) Chronophysiologie des Kindes.
Verh.Kongreß f. Inn. Med. Wiesbaden. München:
J.F. Bergmann, p.p. 895-918
23. HESS, R.: (1966) Der paradoxe Schlaf. Fortschr. Med. 84,
p.p. 363-368
24. HESS, R.: (1969) Electroencephalographische Aspekte des Schlafes.
Aus "Der Schlaf. Neurophysiologische Aspekte" v.
U.J. Jovanovic. München: J.A. Barth, p. 19
25. HUNGERLAND, H. und ZENZ, M.: (1952) Die Pulsfrequenz des ge-
sunden Kindes im Alter von 3 bis 14 Jahren zu ver-
schiedenen Nachtzeiten. Z. f. Kinderheilk. 71,
p.p. 369-378
26. JUNG, R.: (1963) Der Schlaf. Aus "Physiologie und Pathophy-
siologie des vegetativen Nervensystems" v. M. Monnier,
Bd. II, Stuttgart: Hippokrates, p. 650
27. JOUVET, M., MICHEL, F., COURJON, J.: (1959) Sur un stade
d'activite'elétrique cerebrale rapid au cours du
sommeil physiologique. Paris: C.R. Soc. Biol. 153,
p.p. 1024-1028
28. JOUVET, M., MICHEL, F., MOUNIER, D.: (1960) Analyse electro-
encephalographique comparee du sommeil physio-
logique chez le chat et chez l'homme. Rev. Neurol.
103, p.p. 189-205
29. JOUVET, M.: (1969) Neurophysiologische Mechanismen im Schlaf.
Aus "Der Schlaf. Neurophysiologische Aspekte" v.U.J.
Jovanovic. München: J.A. Barth, p. 103

30. KATZENBERGER, A.: (1913) Puls und Blutdruck bei gesunden Kindern. Z. f. Kinderheilk. 9, p. 167
31. KLEITMAN, N.: (1963) Sleep and wakefulness. Chicago and London: Univ. of Chicago Press
32. KLEITMAN, N. and ENGELMANN, Th.: (1953) Sleep characteristics of infants. J. Appl. Physiol. 6, p.p. 269-281
33. KOHLSCHÜTTER, E.: (1863) Messungen der Festigkeit des Schlafes. Z. f. ration. Med. 17, p. 209
34. LOOMIS, A.L.: (1935) Potential rhythmus of the cerebral cortex during sleep. Science 81, p.p. 597-598
35. LOOMIS, A.L., HARVEY, E.N., HOBART, G.A.: (1937) Cerebral states during sleep als studied by human brain potentials. J. Exper. Psychol. 21, p. 127
36. PECHSTEIN, J.: (1969) Über die Möglichkeit der analogen Band-speicherung von EEG Signalen und anderen physiologischen Parametern mit handelsüblichem Tonbandgerät. Münchner Med.Wschr. 1009/1072
37. PRECHTL, H.F.R., u. BEINTEMA, D.J.: (1964) The neurologicae examination of the full-term newborn infant. London: Heinemann, in der dt. Übersetz., bearb. und erw. v. Heinz F.R. PRECHTL 1968. Die neurol. Untersuch. d. reifen Neugeborenen. Stuttgart: Thieme-Verlag p. 6
38. PRECHTL, H.F.R. u. LENARD, H.G.: (1968) Verhaltensphysiologie des Neugeborenen. Aus "Fortschritt der Pädologie", Bd. II, v. F. Linneweh, Berlin: Springer, p.p. 88-116
39. ROFFWARG, H.P., MUZIO, J.N., DEMENT, C.: (1966) Ontogenetic development of human sleep-dream cycle. Science 152, p.p. 604-617

40. ROHMER, F., SCHAFF, G., COLLARD, M., KURTZ, D.: (1965)
La motilité spontanée, la fréquence cardiaque
et la fréquence respiratoire au cours du sommeil
chez l'homme normal. Paris: "Le sommeil normal
et pathologique", p.p. 192-207
41. SEITZ, K.: (1910) Kurzgefasstes Lehrbuch der Kinderheil-
kunde. Berlin: S. Karger, III. Auflage, p. 86
42. SNYDER, F., HOBSON, J.A., MORRISON, D.F., GOLDFRANK, F.:
(1964) Changes in respiration, heart rate and
systolic blood pressure in human sleep. J. Appl.
Physiol. 19, p.p. 417-422
43. SCYMANSKY, J.S.: (1922) Aktivität und Ruhe bei den Menschen.
Z. f. angew. Psychologie 20, p.p. 192-222
44. SUTHERLAND, G.A. and MC MICHAEL, J. (1929) The pulse-rate
and range in health and disease during childhood.
Quart. J. Med. 22, p.p. 519-529
45. TRÖMNES, E.: (1912) Das Problem des Schlafes. Wiesbaden:
J.F. Bergmann

LEBENS LAUF

01.04.1944	in Garmisch-Partenkirchen geboren
1950 - 1954	Besuch der Grundschule
1954 - 1963	Besuch des Realgymnasiums der Armen Schwestern in Garmisch-Partenkirchen
17.07.1963	Hochschulreifeprüfung
1964 - 1965	Studium der Physiologischen Chemie und Biochemie an der Ludwig-Maximilians-Universität München und der Eberhard-Karls-Universität in Tübingen
1965	Beginn des Medizinstudiums an der Ludwig-Maximilians-Universität in München
20.10.1965	Naturwissenschaftliche Vorprüfung
26.10.1967	Ärztliche Vorprüfung (Physikum)
22.12.1970	Staatsexamen an der medizinischen Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität München
01.07.1971 - 31.08.1972	Medizinalassistentenzeit am Kreiskrankenhaus in Berchtesgaden
31.08.1972	Approbation als Arzt
Sept./Okt.1972	Vertretung einer Landarztpraxis
Nov. 1972 - Febr. 1973	Ärztliche Tätigkeit im medizinisch-diagnostischen Institut Dr. Ende in Bad Reichenhall
01.04.1973 - 31.12.1974	Assistenzärztin im Klin.Sanatorium Trausnitz in Bad Reichenhall (Chefarzt: Dr. O.P. Schmidt)
seit 15.10.1979	als Stationsärztin in der Kurklinik Stanggeß (Versorgungskuranstalt) in Berchtesgaden tätig (Chefarzt: leitender Medizinaldirektor Prof. Dr. J. Meier)

